

JAHRBUCH AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

Herausgeber/Editor:
Prof. Dr. Ludger Frerichs



JAHRBUCH AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2015

Band 27 / Volume 27

Vorwort

Der Volksmund sagt, dass sich der Fortschritt nicht aufhalten lässt. D.h., wir müssen ihn positiv gestalten und unterstützen. Mit dem *Jahrbuch Agrartechnik* wollen wir für unsere gleichermäßen bewahrende wie auch fortschrittliche Branche mit aufbereiteten Informationen wieder wertvolle Unterstützung zukommen lassen. So haben wir in gewohnter Weise und Funktion das *Jahrbuch Agrartechnik* mit seinem 27. Band veröffentlicht. Der Gesamtband sowie die Einzelbeiträge können über die Homepage www.jahrbuch-agrartechnik.de kostenfrei heruntergeladen werden und stehen der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung. Ich lade alle herzlich ein, sich über das *Jahrbuch Agrartechnik 2015* erste überblickende Informationen zu beschaffen und diese gern anhand der Verweise in den einzelnen Beiträgen tiefergehend zu verfolgen.

Der tatkräftigen Mitarbeit der Autoren verdanken wir überhaupt die Möglichkeit der jährlichen Herausgabe des Jahrbuches. Daher gilt auch in diesem Jahr mein ganz herzlicher Dank den Autoren für das Mitwirken. Mein Dank geht in gleicher Weise an die Kollegen der Agrartechnik-Community für die Unterstützung des wissenschaftlichen Review-Prozesses der Beiträge.

Allen Leserinnen und Lesern darf ich wünschen, dass ihnen das *Jahrbuch Agrartechnik 2015* wieder gute Dienste erweist.

Preface

As the saying goes progress cannot be stopped. Hence we have to create and support progress positively. The *Yearbook of Agricultural Engineering* wants to support our retentive as well as advanced sector with prepared information. In usual manner and function the 27th volume of the *Yearbook of Agricultural Engineering* is published on the homepage www.jahrbuch-agrartechnik.de. The complete issue and the articles are available for free download. I invite everyone sincere to obtain first overview information via the yearbook and to follow the references in the individual contributions.

The active participation of the authors we even owe the possibility of the annual publication of the yearbook. Therefore, I would like to express my gratitude to all authors for their commitment. Equally many thanks to my colleagues in the agricultural engineering community for supporting the scientific paper review process.

May the *Yearbook of Agricultural Engineering 2015* be of good service for all readers.

Prof. Dr. Ludger Frerichs

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2015*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016.

Frerichs, Ludger (ed.): *Yearbook Agricultural Engineering 2015*. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2016.

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055137>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>

Allgemeine Entwicklung

Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen	7
Technische Regelwerke	14

Automatisierungstechnik

Kommunikationssysteme	20
Logistik	27
Arbeitswissenschaft	36

Traktoren

Gesamtentwicklung Traktoren	42
Motoren und Getriebe bei Traktoren	54
Reifen – Reifen/Boden-Verhalten	64
Traktorhydraulik	76
Fahrdynamik – Fahrsicherheit - Fahrerplatz ..	86

Bodenbearbeitungstechnik

Bodenbearbeitungstechnik	99
--------------------------------	----

Sätechnik

Sätechnik	110
-----------------	-----

Pflanzenschutz-, Dünge- und Bewässerungstechnik

Pflanzenschutztechnik	121
-----------------------------	-----

Halmguterntetechnik

Halmgutmähen und Halmgutwerben	129
Halmgutbergung	136
Halmgutkonservierung	151

Körnererntetechnik

Mähdrescher	158
-------------------	-----

Technik für den Hackfruchtanbau

Kartoffeltechnik	171
------------------------	-----

Technik in der Tierhaltung

Technik in der Rinderhaltung	183
Technik in der Geflügelhaltung	195

Bioverfahrens- und Umwelttechnik

Bioverfahrens- und Umwelttechnik	204
--	-----

Geschichte der Agrartechnik

Geschichte der Agrartechnik	214
-----------------------------------	-----

General Development

Agricultural Environment	7
Technical Regulation	14

Automation Engineering

Communication Systems	20
Logistic	27
Farm Work Science	36

Tractors

Agricultural Tractor Development	42
Tractor Engines and Transmission	54
Tyres - Tyre-Soil-Interaction	64
Hydraulic Drives	76
Ride Dynamics – Ride Safety – Driver's Place	86

Cultivation Technology

Cultivation Technology	99
------------------------------	----

Sowing

Seeding Technology	110
--------------------------	-----

Plant Protection, Fertilizing and Irrigation

Plant Protection Technology	121
-----------------------------------	-----

Crop Harvesting

Mowing and Treatment of Hay	129
Crop Harvesting	136
Crop Preservation	151

Grain Harvesting

Combine Harvester	158
-------------------------	-----

Root Crop Engineering

Potato Technology	171
-------------------------	-----

Livestock Engineering

Technologies for Cattle Husbandry	183
Technologies for Poultry Husbandry	195

Bio and Environmental Engineering

Bio and Environmental Engineering	204
---	-----

History of Agricultural Engineering

History of Agricultural Engineering	214
---	-----

DLG-TrendmonitorEurope: Schwieriges Marktumfeld dämpft Investitionsbereitschaft

Achim Schaffner, Fachgebietsleiter Ökonomie, DLG e.V.

Kurzfassung

Niedrige Erzeugerpreise für Getreide, Milch und Fleisch, zunehmende Regulierung und die anhaltend kontroverse Diskussion um die Produktionsweise der Landwirtschaft sorgten für ein unsicheres wirtschaftliches Umfeld im Jahr 2015. Die Landwirte weniger zufrieden mit der Geschäftslage und skeptisch über die weitere Geschäftsentwicklung. Auch die Investitionsbereitschaft war rückläufig.

Der Fokus der Betriebsentwicklung liegt bei der Optimierung der laufenden Produktion um die Produktionskosten zu senken. Auch die Digitalisierung der Produktion weckt das Interesse der Landwirte, jedoch hat nur ein kleiner Teil ein ausgearbeitetes Konzept für die systematische Digitalisierung der Produktion.

Schlüsselwörter

Geschäftslage, Geschäftserwartungen, Investitionsbereitschaft, Digitalisierung

DLG-TrendmonitorEurope: Farmers in Europe with still high willingness to invest

Achim Schaffner, Head of Agricultural Economics, DLG e.V.

Abstract

Low prices for grain, milk and meat, increasing regulations for farmers and the ongoing discussion about production systems in agriculture lead to unsecure business conditions for farmers in 2015. Farmers were less satisfied with their business situation and also less confident with the business expectations. Also the willingness to invest declined during the year 2015.

Focus for farm development is optimizing production to reach lower costs of production. Also digitization is in focus of farmers, but only a minority establish a concept for data use.

Keywords

Business situation, business expectations, willingness to invest, digitization

Landwirte in mit der Geschäftslage unzufrieden

Landwirte in Deutschland waren mit der aktuellen Geschäftslage deutlich weniger zufrieden als noch im Frühjahr 2015 (**Bild 1**). Die sinkenden Preise für Getreide, Milch und Fleisch sorgen für wirtschaftlichen Druck. Auch die anhaltende Diskussion um die Wirtschaftsweise am Agrarstandort Deutschland drückt die Stimmung und führt dazu, dass die Landwirte die Geschäftslage so skeptisch beurteilen wie zuletzt im Herbst 2009. Weniger zufrieden mit der aktuellen Geschäftslage sind auch die Betriebsleiter in Polen. Die Folgen der Afrikanischen Schweinepest, das Russlandembargo, und die anhaltende Trockenheit des Sommers 2015 mit den damit verbundenen Ernteeinbußen drücken die Stimmung.

Auch Landwirte in Großbritannien sind mit der aktuellen Geschäftslage deutlich weniger zufrieden. Neben der Preismisere drücken ungünstige Wechselkurse die Stimmung. Zudem hat das Ende der Milchquote zu Verunsicherung bei den Erzeugern geführt. Die Landwirte in Frankreich beurteilen die aktuelle Geschäftslage stabil auf niedrigem Niveau. Für Stabilität sorgt die überdurchschnittliche und qualitativ zufrieden stellende Getreideernte. Diese ermöglichte die Wiederaufnahme der Getreideexporte und verbesserte die Erlössituation der Getreideerzeuger. Auch die staatlichen Hilfeleistungen zur Überwindung der Preismisere stabilisierten die Geschäftslage.

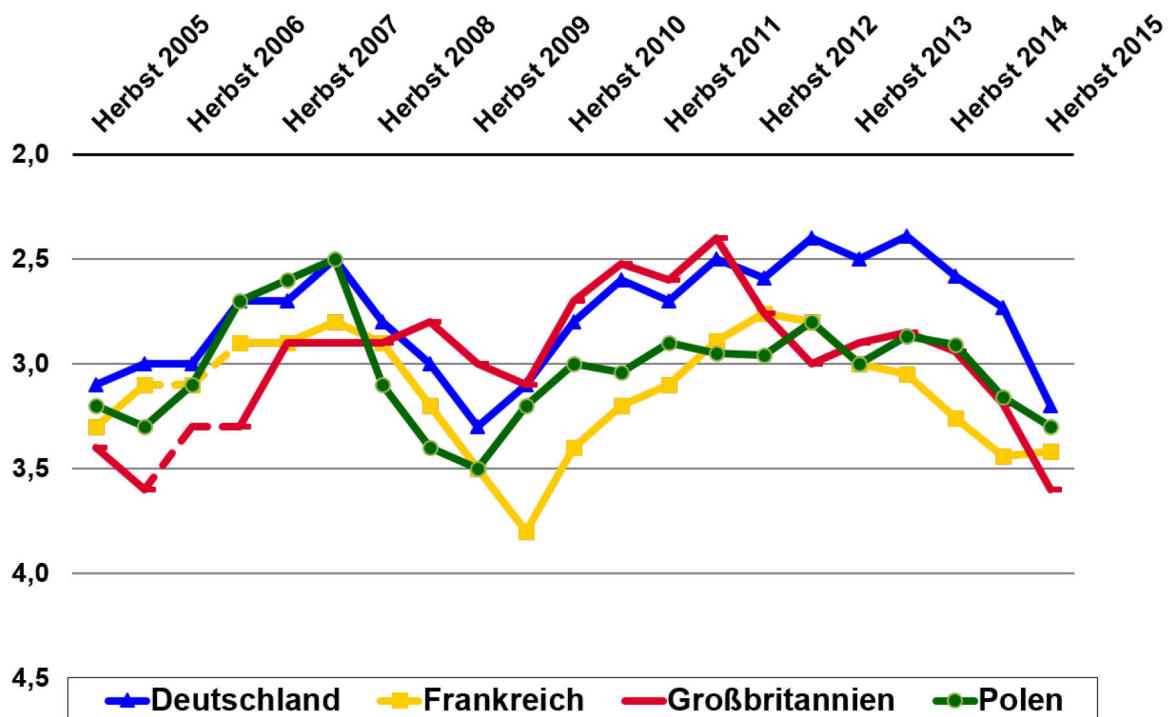


Bild 1: Beurteilung der aktuellen Geschäftslage

Figure 1: Assessment of the current business situation

Erwartungen an die Geschäftsentwicklung rückläufig

Die Landwirte sind weniger optimistisch für die Geschäftsentwicklung des Jahres 2016 (**Bild 2**). In Deutschland sind insbesondere die Milchvieh- und Schweinehalter skeptisch für den weiteren Geschäftsverlauf. Der Druck auf die Erzeugerpreise dürfte sich in den kommenden Monaten aufgrund der fehlenden Marktstimulierung bei anhaltend hohem Angebot fortsetzen. Etwas mehr Hoffnung auf eine Preiserholung haben die Marktfruchterzeuger: Nach dem Preisdruck der global und EU-weit umfangreichen Getreideernte ruht die Hoffnung auf den EU-Getreideexporten, die für anziehende Preise sorgen könnten.

Auch in Großbritannien sind die Landwirte weniger zuversichtlich für die Geschäftsentwicklung. Auch in Großbritannien sind die Preise unter Druck. Ungünstige Wechselkurse des britischen Pfund zum Euro machen EU-Agrarprodukte wettbewerbsfähiger, was zu Preisdruck für Landwirte in Großbritannien führt. Marktfruchterzeuger, Milchvieh- und Schweinehalter in Polen sind ebenfalls weniger optimistisch für die Geschäftsentwicklung im Jahr 2016. Die anhaltende Trockenheit hat zu Einbußen bei der Getreide- und Futterernte gesorgt. Auf die Tierhalter kommen zudem steigende Kosten zu, um Lücken in der Futtermittelversorgung zu schließen.

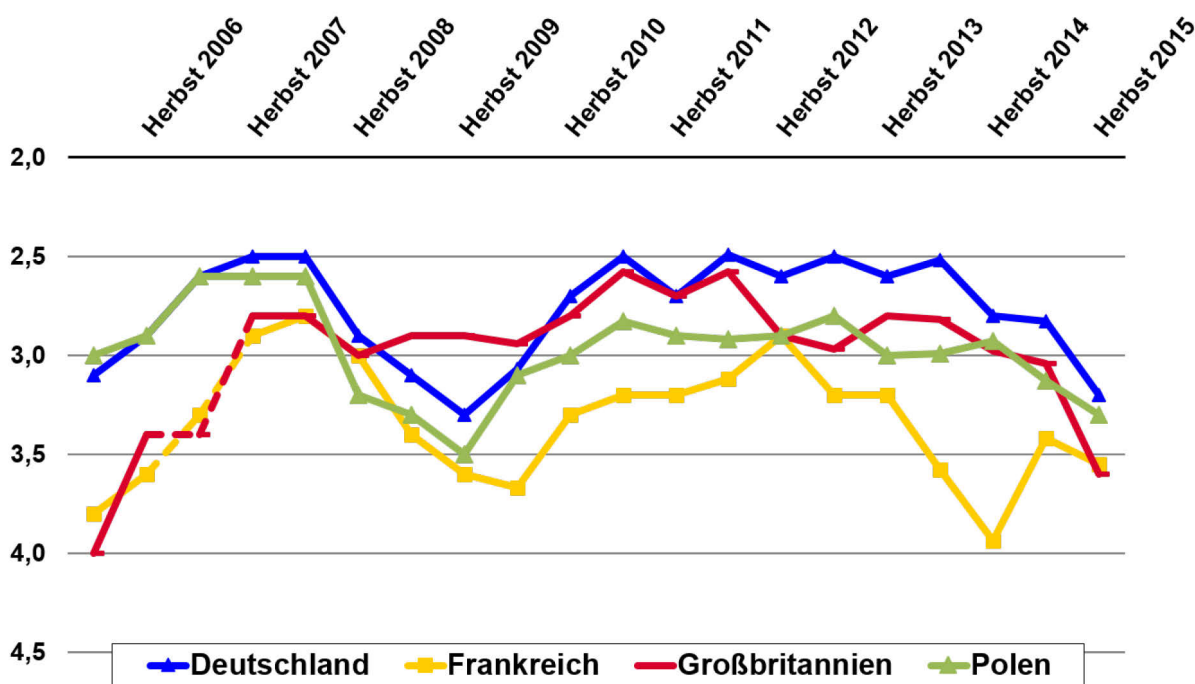


Bild 2: Erwartungen an die Geschäftsentwicklung für das Jahr 2016

Figure 2: Expectations on business development for the year 2016

Entgegen dem Trend in den genannten Ländern ist die Geschäftsentwicklung in Frankreich stabil auf niedrigem Niveau. Die gute Getreideernte und die wieder anziehenden Getreideexporte stabilisieren die Geschäftsaussichten für Marktfruchterzeuger. Skeptischer sind die Milchviehhalter, denn der Milchpreis ist durch die EU-weit hohe Erzeugung unter Druck. Darüber hinaus strömt zunehmend Milch aus dem EU-Ausland nach Frankreich, da diese Milch günstiger von den Molkereien eingekauft werden kann.

Investitionsbereitschaft rückläufig

Die Investitionsbereitschaft in Deutschland ist gegenüber der Frühjahrsbefragung 2014 von 46 % auf nun 42 % gesunken. Unterschiedlich ist die Investitionsbereitschaft der einzelnen Produktionsrichtungen: Während die Investitionsbereitschaft der Ackerbauern um +3 % auf nun 45 % zulegt, ist die Investitionsbereitschaft der Schweinehalter (um -6 % auf 41 %) und der Milchviehhalter (um -15 % auf jetzt 38 %) rückläufig. Die Tierhalter stellen Investitionen zur Sicherung der Liquidität zurück. Zudem ist die Investitionsdynamik der Milchviehhalter rückläufig, nachdem vor dem Quotenende die Weichen für die Betriebsentwicklung gestellt worden sind.

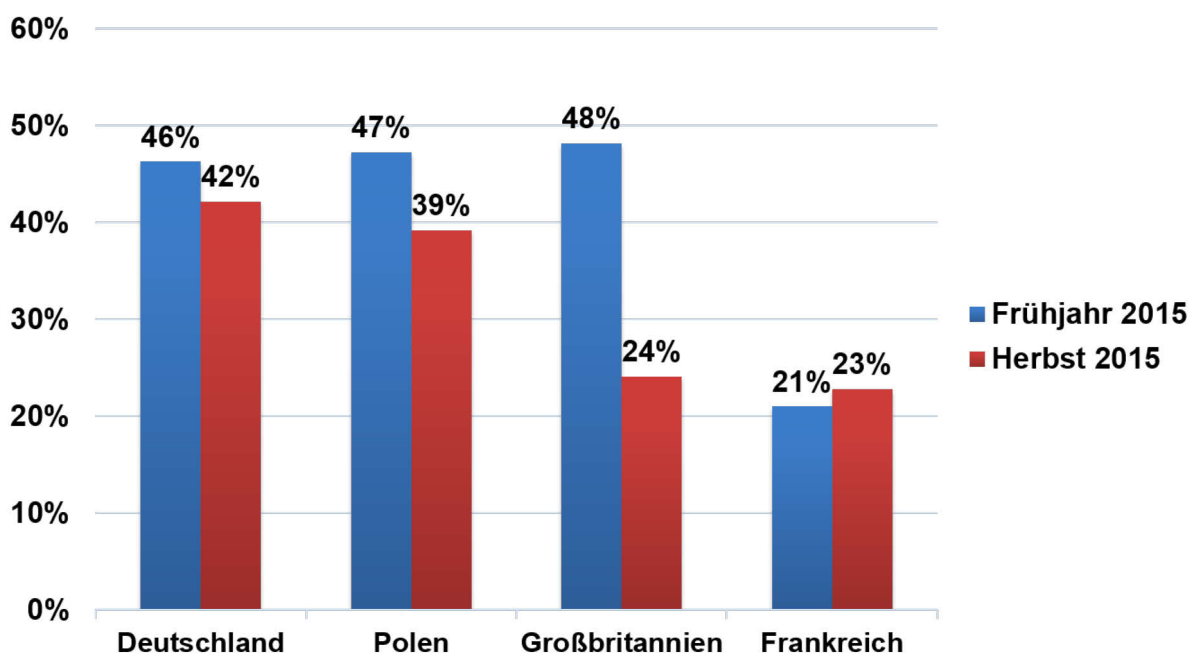


Bild 3: Investitionsbereitschaft im Herbst 2013 und 2014

Figure 3: Willingness to invest in autumn 2013 and 2014

In Großbritannien ist die Investitionsbereitschaft im Vergleich zum Frühjahr 2015 deutlich von 48 % auf nun 24 % zurückgegangen. Der starke Rückgang betrifft alle Produktionsrichtungen. Ungünstige Wechselkurse üben Druck auf die Erzeugerpreise aus, da Agrarprodukte der Euroländer günstiger eingeführt werden können. Zudem verteuern sich die Importe von Investitionsgütern, was die Investitionsbereitschaft bremst. In dieser Konstellation schränken die Landwirte in Großbritannien die Investitionen massiv ein.

Auch in Polen ist die Investitionsbereitschaft rückläufig. So wollen 40 % der polnischen Marktfruchterzeuger (-6 % gegenüber Frühjahr 2015), 37 % der Milcherzeuger (-13 %) und 39 % der Schweinehalter (-8 %) in den kommenden 12 Monaten investieren. Im Fokus stehen Ersatzinvestitionen und das Nachholen aufgeschobener Investitionen.

Eine leichte Erholung der Investitionsneigung prägt die Situation in Frankreich: Wollten im Frühjahr 2015 21 % der Betriebsleiter investieren, sind es in der aktuellen Befragung 23 %. Während die Investitionsbereitschaft der Schweinehalter um 5 % auf 25 % zulegt, sind die

Marktflechterzeuger mit 21 % in der aktuellen Befragung weniger investitionsfreudig als noch im vergangenen Frühjahr (29 %). Auch die Investitionsbereitschaft der Milchviehhalter legt zu: Wollten im Frühjahr 2015 20 % der Befragten Milchproduzenten investieren, sind es in der aktuellen Befragung 25 %.

Anpassungen im Ackerbau und Digitalisierung der Produktion im Fokus

Die abnehmende Vielfalt an Pflanzenschutzmitteln, zunehmende Resistenzen usw. erfordern Anpassungen bei den Anbausystemen im Ackerbau. Die Landwirte setzen vermehrt auf den Pflug und erweitern die Fruchtfolge (**Bild 4**). Durch den Wechsel von Winterung und Sommerung integrieren die Landwirte unkrautunterdrückende Zwischenfrüchte in die Fruchtfolge und erreichen mehr Ackerhygiene. Mit Einschränkungen beim chemischen Pflanzenschutz wird der Pflug wieder wichtiger, um Beikräuter und –gräser in den Griff zu bekommen.

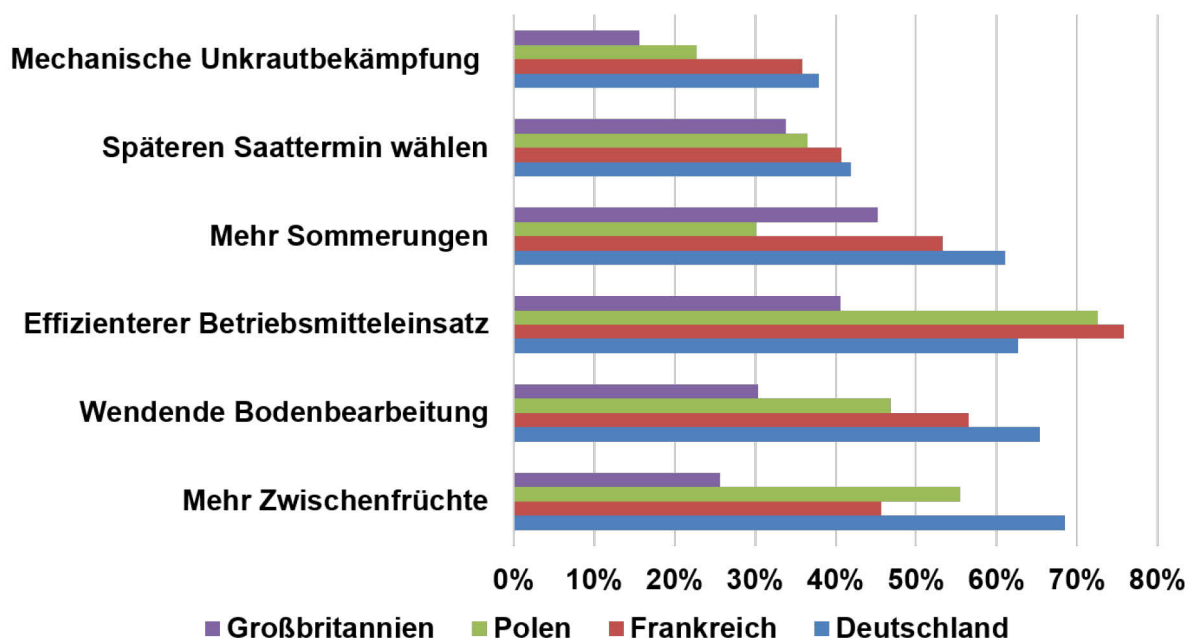


Bild 4: Wie Landwirte Herausforderungen im Ackerbau meistern

Figure 4: How farmers challenges in arable farming capture

Im Gegensatz zu den Landwirten in Deutschland sind Landwirte in Polen und Frankreich daran interessiert, Betriebsmittel effizienter einzusetzen. Die Kosten für Dünger und Pflanzenschutz haben sich seit dem Jahr 2000 rund verdoppelt und belasten das wirtschaftliche Ergebnis. Die Effizienzsteigerung im Ackerbau bleibt deshalb eines der zentralen Ziele der Landwirte um die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu sichern.

Welche Innovationen Landwirten wichtig sind

Zentraler Hebel um Betriebsmittel effizienter einzusetzen sind Fortschritte in der Agrartechnik. Insbesondere Landwirte in Deutschland, Polen und Frankreich sind deshalb an Innovationen in der Düngetechnik interessiert (**Bild 5**).

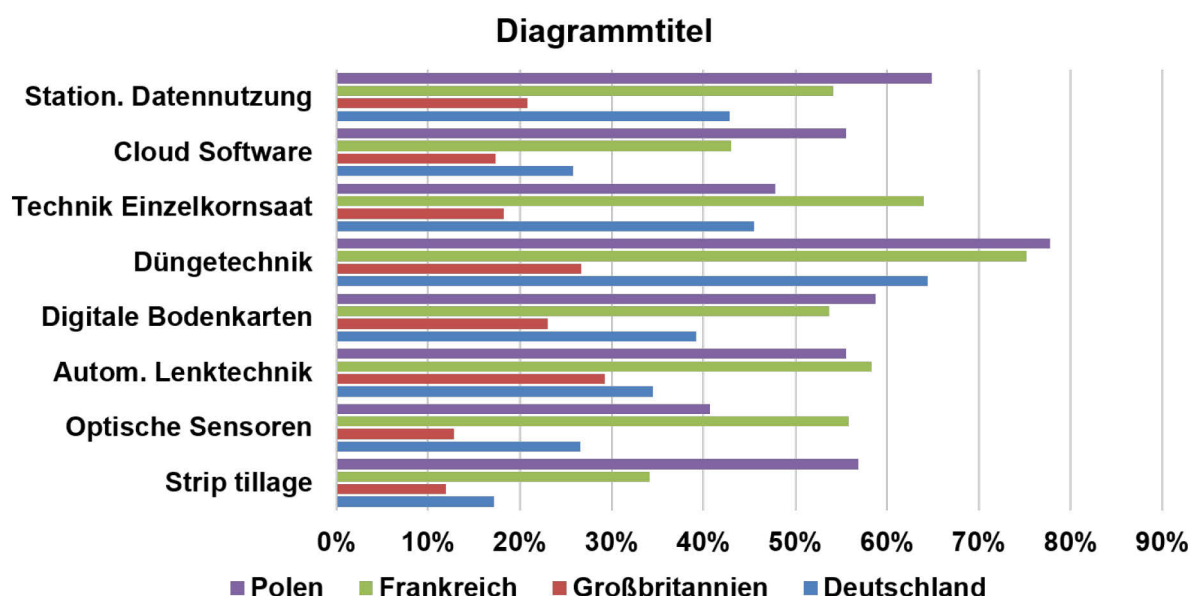


Bild 5: Wichtige Innovationen in der Agrartechnik
Figure 5: Important Innovations in Farm Technology

Darüber hinaus wollen die Landwirte die Produktion digitalisieren. Insbesondere Betriebsleiter in Polen und Frankreich sind an neuen Entwicklungen sowohl in der betrieblichen Datenverarbeitung als auch bei der cloudbasierten Datenverarbeitung interessiert. Dies ist ein deutlicher Unterschied zu den Berufskollegen in Deutschland: Während 43 % der in Deutschland Befragten die betriebliche Datenverarbeitung für wichtig halten, sehen nur 26 % der befragten Landwirte cloudbasierte Softwarelösungen als wichtige Innovation an. Hintergrund sind die Unsicherheit über die Verwendung der Daten, die lückige Infrastruktur für die Datenübertragung und hohe Kosten für die Übertragung großer Datenmengen. Zudem haben nur rund 20 % der befragten Landwirte ein Konzept für die systematische Digitalisierung der Produktion.

Zusammenfassung

Europaweit sind die Landwirte weniger zufrieden mit der aktuellen Geschäftslage. Auch die Erwartungen an die Geschäftsentwicklung haben sich deutlich abgekühlt. Der anhaltende Preisdruck, die zunehmende Regulierung der Produktion und die kontroverse Diskussion über die Produktionsweise der Landwirtschaft sorgen für ein unsicheres wirtschaftliches Umfeld. Die damit verbundenen Unsicherheiten der wirtschaftlichen Entwicklung in den Betrieben dämpfen Investitionen. Im Fokus der Betriebsentwicklung stehen in Deutschland Anpassungen an Vorgaben in Ackerbau und Tierhaltung. Weiterhin wollen die Landwirte Flächen sichern und die Öffentlichkeitsarbeit stärken um im betrieblichen Umfeld Akzeptanz zu erreichen. Landwirte in Polen und Frankreich fokussieren auf Kostensenkungen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion zu verbessern. Insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Phase niedriger Erzeugerpreise bleibt die kostengünstige Produktion zentraler Erfolgsfaktor für Landwirte.

Literatur

- [1] DLG e.V.: DLG-TrendmonitorEurope Frühjahr und Herbst 2015. Frankfurt: 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Schaffner, Achim: DLG-TrendmonitorEurope: Schwieriges Marktumfeld dämpft Investitionsbereitschaft. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. - S. 1-7

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055100>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/227.html>

Neufassung der StVZO

Andreas Schauer, VDMA Referat Verkehr, Frankfurt am Main

Kurzfassung

Nach nahezu 80 Jahren StVZO steht nunmehr erstmals eine vollständige Revision des zentralen fahrzeugtechnischen Regelwerkes Deutschlands kurz vor dem Abschluss. Technisch wird es keine spektakulären Neuerungen geben, denn ein wesentlicher Grundsatz der Neufassung lautet: "Alles, was bisher genehmigungsfähig war, bleibt es auch zukünftig." Für den Verordnungsgeber entsteht der Vorteil, dass bei Änderung oder Fortschreibung internationaler Vorschriften künftig keine oder nur eine begrenzte Anpassung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften erforderlich wird. Durch den künftigen empfehlenden Charakter der Begutachtungsempfehlungen anstelle starrer Verordnungstexte werden eine Reihe bislang rein formalistisch erforderlicher Ausnahmegenehmigungen künftig entbehrlich. Die neue StVZO wird nur für Fahrzeuge gelten, die nach ihrem in Kraft treten erstmals in Verkehr kommen (Wahrung des Besitzstandes).

Schlüsselwörter

Verkehrsrecht, StVZO, Typgenehmigung, Einzelgenehmigung, Änderungsgenehmigung, Begutachtung von Fahrzeugen

Revision of the StVZO

Andreas Schauer, VDMA Department of Transport, Frankfurt/Main

Abstract

After nearly 80 years of StVZO, for the first time a complete revision of the central vehicle technical regulations in Germany is close to completion. There will not be spectacular technical reforms, because an essential principle of the recast is: "Everything that was previously approvable remains in the future." The benefit for the legislature is, that there is no, or a limited adaptation of road traffic legislation necessary after a modification or updating of international rules. Through the future nature of recommendations of the peer review recommendations instead of rigid regulation texts, a number of so far purely formalistic required exemptions are dispensable in the future. The new StVZO (German Road Traffic Licensing Regulations) will apply only to vehicles which will first be placed on the market after their entry into force (maintenance of acquired rights).

Keywords

Traffic law, StVZO (German Road Traffic Licensing Regulations), type-approval, individual approval, approval of modifications, assessment of vehicles

Allgemeines

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) plant eine vollständige Neufassung der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO). Die Beratungen unter Einbeziehung der Bundesländer, des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Überwachungsorganisationen sind bereits weit fortgeschritten. Aufgrund aktuell anderer Prioritätensetzung im BMVI wurde die weitere Bearbeitung zunächst zurückgestellt.

Hintergrund und Zielsetzung

Die StVZO ist am 1. Januar 1938 in Kraft getreten. Seit dieser Zeit fanden zahlreiche Aktualisierungen statt, die Übersichtlichkeit litt deutlich. Bereits 1999 wurden die Vorschriften des Fahrerlaubnisrechts aus der StVZO herausgelöst und gingen in der Fahrerlaubnisverordnung (FeV) auf. 2007 folgte die Herauslösung des Zulassungsrechtes aus der StVZO. Diese Vorschriften wurden in der Fahrzeugzulassungsverordnung (FZV) zusammengefasst [1]. Durch die detaillierten technischen Inhalte der StVZO war es seit der Einführung harmonisierter technischer Vorschriften für Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger, für landwirtschaftliche Zugmaschinen (später einschließlich Anhänger und gezogene Maschinen, vgl. [2]) sowie zwei- und dreirädrige Kraftfahrzeuge (Motorräder, sog. Trikes und Quads) regelmäßig erforderlich, die Vorschriften der StVZO an internationales Recht anzupassen. Diese Harmonisierungsarbeiten würden auch weiterhin kontinuierlich Anpassungsbedarf auslösen und damit Kapazitäten beim Ordnungsgeber binden. Deshalb hat der Bundesrat auf seiner 892. Sitzung am 10.02.2012 eine Entschließung gefasst und die Bundesregierung gebeten [3]:

- "1. eine Reform der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) in Angriff zu nehmen mit dem Ziel einer Aktualisierung und Systematisierung einschließlich Anpassung an den geänderten EU-Rechtsrahmen und nachfolgender Neuveröffentlichung als "Fahrzeugtechnik-Verordnung" bis 2014. [...]
2. im Rahmen der Gestaltung neuen EU-Rechts bei der EU die Berücksichtigung von Einzelgenehmigungen neuer Fahrzeuge, von Fahrzeugumrüstungen sowie des späteren Fahrzeug-Betriebs im öffentlichen Straßenverkehr einzufordern."

Die wesentlichen Ziele hierbei sind die Verbesserung der Lesbarkeit und Verständlichkeit, die Erleichterung der Anwendung, eine Aktualisierung sowie die Entlastung der Bundesländer [4].

Was ist neu?

Zugunsten des seit einigen Jahren auf internationaler Ebene geprägten Begriffes "Genehmigung" ("Approval") wird künftig auf den Begriff "Betriebserlaubnis" verzichtet. Verwaltungsrechtlich wird es daher ein "Erlöschen der Betriebserlaubnis" nicht mehr geben. Gleichwohl darf ein technisch verändertes Fahrzeug, das durch diese Änderungen nicht mehr der Genehmigung entspricht, nicht am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen. Bei einem "Rückbau" der technischen Änderungen in den vorherigen, d. h. genehmigten Zustand, war bislang

eine Neuerteilung der Betriebserlaubnis erforderlich. Dies entfällt künftig. In Konsequenz bedeutet dies, dass im Rahmen der neuen StVZO verschiedene Arten von Genehmigungen vorgesehen sind. Ausdrücklich nicht mehr Gegenstand der StVZO wird die EU-Typgenehmigung entsprechend der drei europäischen Rechtsakte für Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger (2007/46/EG), landwirtschaftliche Fahrzeuge (VO (EU) 167/2013) und zwei- und dreirädrige Kraftfahrzeuge (VO (EU) 168/2013) sowie ihrer einschlägigen Einzelrichtlinien bzw. delegierten Rechtsakte und internationale Teile- und Systemgenehmigungen nach den einschlägigen UN Regelungen sein [5]. Folgende Genehmigungsarten sieht der aktuelle Rohentwurf der StVZO vor:

- Genehmigung von Einzelfahrzeugen (Einzelgenehmigungen; hohe Bedeutung bei Kleinstserien von Arbeitsmaschinen sowie Fahrzeugen, die Ausnahmen von den Massen- und Abmessungsgrenzwerten benötigen);
- Nationale Fahrzeugtypgenehmigung (weiterhin einzige Typgenehmigungsmöglichkeit für selbstfahrende Arbeitsmaschinen und Stapler, möglich für landwirtschaftliche Anhänger und angehängte Arbeitsgeräte);
- Genehmigung von Systemen, selbständigen technischen Einheiten und Bauteilen (auch im Einzelfall);
- Genehmigung von Änderungen; diese Genehmigungsart soll die bisherige Praxis der Teilegutachten bei nachträglichen Fahrzeugänderungen ersetzen und für mehr Rechtssicherheit in diesem Bereich sorgen.

Bis auf die Vorschriften für Massen und Abmessungen sowie Kurvenlaufeigenschaften wird die neue StVZO keine Bau- und Ausrüstungsvorschriften mehr enthalten. Vielmehr soll auch im Bereich der StVZO grundsätzlich das einschlägige EU-Recht direkt angewendet werden.

Die EU-Vorschriften sowie die in Verbindung damit anzuwendenden UN-Regelungen sind jedoch für die Typgenehmigung von (Groß-)Serienfahrzeugen entwickelt worden und damit in bestimmten Fällen bzw. bei bestimmten Sachverhalten nur begrenzt oder gar nicht auf Einzelfahrzeuge oder Kleinstserien anwendbar (z. B. zerstörende Prüfungen wie Crashtests etc.).

Die Vorschriften über die periodisch technische Überwachung von Kraftfahrzeugen (Hauptuntersuchung, Abgasuntersuchung) sollen ebenfalls nicht mehr in der StVZO festgelegt werden, sondern in einer eigenen Verordnung mit dem Arbeitstitel Fahrzeug-Untersuchungs-Verordnung (FUV).

Prüfkaskade

Die StVZO soll gemäß dem Rohentwurf hinsichtlich der Genehmigung unverändert nur für die Fahrzeuge gelten, die nicht bereits durch EU-Vorschriften erfasst sind (Ausnahme: Genehmigung von Änderungen), also im Wesentlichen selbstfahrende Arbeitsmaschinen und Stapler. Dabei soll eine sogenannte "Prüfkaskade" zur Anwendung kommen:

- Zuordnung des "nationalen Fahrzeuges" zu einer EU-Fahrzeugart, die den Baumerkmalen des "nationalen Fahrzeuges" am meisten ähnelt. (Beispiel: Ein Radlader dürfte einem Ilo-Traktor ähnlich sein)
- Anwendung der EU-Vorschriften dieser Fahrzeugart auf das national zu genehmigende Fahrzeug.
- Sind bestimmte Anforderungen nicht zumutbar oder technisch nicht vertretbar, werden alternative Vorschriften angewendet. Hier vorzugsweise die bisherigen Vorschriften der StVZO. (Beispiel: Auf alle Räder eines Mähdreschers wirkende Bremsanlage ist technisch nicht vertretbar und deshalb unzumutbar)
- Anwendung der "in-etwa-Wirkung". (Beispiel: Import von Einzelfahrzeugen von außerhalb der EU)

Da die StVZO allerdings keinerlei Bauvorschriften mehr enthalten wird, werden sämtliche bisherigen nationalen Festlegungen in der StVZO selbst verschwinden. Geplant ist seitens des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der Länder, stattdessen sogenannte Begutachtungsempfehlungen zu erarbeiten, die im Verkehrsblatt veröffentlicht werden und somit eine gewisse Rechtsverbindlichkeit erhalten, trotzdem aber nicht zwingend wörtlich einzuhalten sind. Dies hat den Vorteil, dass bei begründeten Abweichungen von den Begutachtungsempfehlungen keine Ausnahmegenehmigungen mehr erforderlich sind.

Beispiele für bereits heute existierende Begutachtungsempfehlungen sind: Merkblatt für angehängte Arbeitsgeräte, Merkblatt für Stapler oder Merkblatt für die Beurteilung des Sichtfeldes selbstfahrender Arbeitsmaschinen [1].

Das BMVI und die Länder haben den Fachausschuss Kraftfahrzeugtechnik (FKT) und seine Sonderausschüsse gebeten, bei der Erarbeitung der Begutachtungsempfehlungen unterstützend und maßgeblich mitzuarbeiten. Für die Erarbeitung der Begutachtungsempfehlungen für landwirtschaftliche Fahrzeuge ist der entsprechende FKT-Sonderausschuss "Landwirtschaftliche Fahrzeuge" zuständig. Es besteht die Chance, die bisher praktizierten Anforderungen an landwirtschaftliche Fahrzeuge zu erhalten, aber auch sinnvoll fortzuschreiben und zu modernisieren.

Für die Erarbeitung der Begutachtungsempfehlungen wird derzeit ein Konzept erarbeitet und entsprechende Vorbereitungen getroffen. Die Bearbeitungszeit dürfte sich in Grenzen halten.

Zeitplan

Durch die zeitliche Verzögerung aufgrund anderer Prioritäten dürfte mit einer Annahme der Neufassung durch den Bundesrat nicht vor Ende 2017 zu rechnen sein. Mit entsprechenden Übergangsfristen dürfte nach derzeitiger Einschätzung (Stand Januar 2016) die Anwendung nicht vor 2018 zum Tragen kommen. Geplant ist, die neue StVZO und die künftige FUV zeitgleich in Kraft zu setzen.

Zusammenfassung

Nach nahezu 80 Jahren StVZO steht nunmehr erstmals eine vollständige Revision des zentralen fahrzeugtechnischen Regelwerkes Deutschlands kurz vor dem Abschluss. Technisch wird es keine spektakulären Neuerungen geben, denn ein wesentlicher Grundsatz der Neufassung lautet: "Alles, was bisher genehmigungsfähig war, bleibt es technisch unverändert künftig auch." Für den Verordnungsgeber entsteht der Vorteil, dass bei Änderung oder Fortschreibung internationaler Vorschriften künftig keine oder nur eine begrenzte Anpassung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften erforderlich wird. Durch den künftigen empfehlenden Charakter der Begutachtungsempfehlungen anstelle starrer Verordnungstexte werden eine Reihe bislang rein formalistisch erforderlicher Ausnahmegenehmigungen künftig entbehrlich. Die neue StVZO wird nur für Fahrzeuge gelten, die nach ihrem in Kraft treten erstmals in Verkehr kommen (Wahrung des Besitzstandes).

Literatur

- [1] Braun, Heribert, Damm, Richard, Konitzer, Heribert: StVZO - Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, KV Reader (Online Version Loseblattsammlung). Bonn: Kirschbaum Verlag 2015.
- [2] Schauer, Andreas: EU-Typgenehmigung für landwirtschaftliche Fahrzeuge. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. – S. 1-10.
- [3] N.N.: Drucksache 861/11 (Beschluss), Bundesrat, 10.02.2012, URL [http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2011/0801-0900/861-11\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=1](http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2011/0801-0900/861-11(B).pdf?__blob=publicationFile&v=1) – Aktualisierungsdatum: 02.02.2016.
- [4] Westhoff, Daniel: Neufassung der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, Aktueller Sachstand und Ausblick. Homologation Fachtagung, TÜV Süd, München: 17./18.11.2014
- [5] -, -: FEE Fahrzeugtechnik EWG/ECE, KV Reader (Online Version Loseblattsammlung). Bonn: Kirschbaum Verlag 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Schauer, Andreas: Neufassung der StVZO. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-6

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055102>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/228.html>

Kommunikationssysteme und Farming 4.0 in der Landtechnik

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Spelle

Kurzfassung

Kommunikationssysteme und Farming 4.0 sind die Innovationsthemen im Jahr 2015. Eine Vielzahl von neuartigen Diensten und Anwendungen zur Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse wurden entwickelt und vorgestellt. Neben neuen Diensten und Anwendungen sind eine Reihe neuer Akteure und Anbieter am Markt erschienen. Moderne Elektronik, leistungsfähige Software und clevere Kommunikationssysteme ermöglichen Farming 4.0. Fachliche Anwendungen und Dienste helfen den Landwirten und Lohnunternehmern bei der Anbauplanung, der Düngung, dem gesamten Nährstoffmanagement, beim Pflanzenschutz bis hin zur Ernteplanung, Logistik und Flottenmanagement. Die Vernetzung der einzelnen Dienste und Hersteller-Lösungen ist dabei die große Aufgabe der Lösungsanbieter und Landtechnik-Hersteller.

Schlüsselwörter

Farming 4.0, Internet of Things (IOT), Prescriptive Farming, Big Data, Datenmanagement, Prozessoptimierung, Dienste, Netzwerk, ISOBUS, Software, CCI, AEF, IT, FMIS, Apps, Cloud, offene Systeme, herstellerübergreifende Lösungen, Web, Datenschutz, Security

Communication systems and Farming 4.0 in agriculture

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Spelle

Abstract

Communication systems and Farming 4.0 are most innovating factors in 2015. Multiple novel services and apps have been developed and presented in order to optimize agricultural processes. Besides novel services and apps a rising number of market players and solution providers appeared in public. Modern electronics and powerful software with smart communication systems are enablers for Farming 4.0. Apps and services support farmers and contractors to optimize their seed planning, nutrient management, plant protection, harvesting, logistics and fleet management. Connectivity of services and manufacturer-solutions is the outstanding task of solutions providers and manufacturers.

Keywords

Farming 4.0, Internet of things (IOT), Prescriptive Farming, Big Data, Data management, process optimization, services, network, ISOBUS, software, CCI, AEF, IT, FMIS, Apps, Cloud, open systems, manufacturer independent solutions, Web, data privacy, security

Weiterentwicklung von Kommunikationssystemen

Die Landtechnik-Branche hat sich 2015 intensiv mit Farming 4.0, der Digitalisierung der Landwirtschaft und modernen Kommunikationssystemen auseinander gesetzt. Die Landtechnik-Hersteller arbeiten kontinuierlich an Diensten, die Maschinen leistungsfähiger machen, die den Bedienkomfort erhöhen, den Ressourceneinsatz minimieren und die Ernteerträge erhöhen. Dabei waren bisher die Lösungsansätze der Hersteller sehr unterschiedlich.

Die Marktbeobachtungen zeigen, dass die großen Landtechnik-Hersteller vorrangig geschlossene Kommunikationsketten innerhalb der eigenen Marke aufbauen. Um Offenheit und Datenaustausch realisieren zu können, werden Dritt-Systeme mittels individueller Schnittstellen aufwändig angekoppelt. Die kleineren und mittelständischen Landtechnik-Hersteller arbeiten an gemeinschaftlichen Lösungen, um den Aufwand und die Vielfalt der unterschiedlichsten Schnittstellen zu reduzieren. Die Interessenverbände der Hersteller, z.B. das Competence Center ISOBUS (CCI) e.V. sowie die Hersteller-Elektronik-Vereinigung Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) e.V. [1] haben mit der Standardisierung einer online-basierten nahezu Echtzeit-Kommunikation begonnen, um Datenaustausch und Dateninterpretation übergreifend und standardisiert zu ermöglichen.

Die Hersteller von Farm-Management Informationssystemen entwickeln die bisher bekannten PC-basierten Lösungen vollständig neu und schreiten in der Umsetzung moderner web-basierter und modularer Lösungen voran. Neben den etablierten Akteuren am Markt interessieren sich neue Marktteilnehmer für Farming 4.0. Insbesondere die IT-Welt hat erkannt, dass Smart Farming ein gutes Beispiel ist, um Big Data, Internet of Thing (IoT) und Cloud Services an handfesten Anwendungsfällen darzustellen. Neben sehr vielen Start-Ups und Neugründungen, die 2015 zu beobachten sind, interessieren sich große Handelsketten (z.B. Agravis, Baywa) sowie IT-Anbieter [2] wie SAP, PTC und Google für Smart Farming.

Die öffentliche Hand, z.B. das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung bzw. die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, aber auch die EU im Rahmen des Programms Horizon 2020 haben erkannt, dass dringender Handlungsbedarf für die Branche besteht. Die unterschiedliche Größen und Aktionsradius der aktuellen Marktteilnehmer sorgt für unzählige Schnittstellen und unterschiedlichste Datenformate und Dateninterpretationen. Um Farming 4.0 zum Erfolg zu bringen, ist die Standardisierung der Austauschformate essentiell. Weitergehend bedarf es einer herstellerübergreifenden Referenz-Implementierung, mit der neben des Datenaustauschs insbesondere die Dateninterpretation und Datenfusion am Beispiel praktischer Mehrwertdienste realisiert werden kann. Die aktuelle Situation der individualisierten Schnittstellen und abgegrenzten Lösungen stellt ein großes Hindernis für die Verbreitung von Precision Farming dar. Landwirte und Lohnunternehmer sind aus diesem Grund noch zögerlich und erwarten von der Branche die Lösung dieser Aufgabe.

Die neusten Impressionen der Agritechnica 2015 zeigten eindrucksvoll, dass Innovationen in der Landtechnik oftmals auf Basis von Elektronik und IT realisiert werden [3]. Der Einstieg in Datenmanagement und Farming 4.0 ist oftmals ein Lenksystem, dass die Korrektursignale für hochgenaue und automatisierte Lenkbefehle über eine Internetverbindung von einem Korrekturdatendienst bezieht. Applikationskarten zur Reduzierung der Dünger- und Pflan-

zenschutzmengen sind der zweite Schritt in die digitale Welt. Im Bereich der Ernte werden dann Auftragsplanungen, Logistik und Telematik-Systeme relevant, um den landwirtschaftlichen Fuhrpark optimal in den immer kürzer werdenden Erntezeitfenstern einzusetzen. Die Agritechnica 2015 zeigte dabei, dass verschiedene Gold- und Silbermedaillen der DLG [4] für digitale Dienste rund um Farming 4.0 vergeben wurden. Beispiele sind hier digitales Nährstoff-Management, Erntelogistik-Werkzeuge sowie Pfadplanungswerkzeuge und Dienste, zur Optimierung der Maschineneinstellungen.

Gespräche mit den wichtigsten Kundenverbänden, wie z.B. dem Deutschen Bauernverband, dem Bundesverband der Lohnunternehmer sowie dem Bundesverband der Maschinenringe belegen, dass insbesondere die Großbetriebe und die überbetrieblich tätigen Akteure auf der Suche nach der optimalen Datenmanagement-Lösung sind. Aufgrund komplexer Schnittstellen bzw. fehlender Vernetzung herrscht bei den Kundenverbänden noch eine abwartende Haltung. Die Forderung zur Lösung der Schnittstellen-Herausforderungen sowie die Entwicklung intelligenter Mehrwertdienste zur Kostensenkung in landwirtschaftlichen Betrieben werden durchgängig von allen Kundenverbänden gefordert.

Einzellösungen bieten heute bereits interessante Mehrwerte, Potenzial zur Einsparung von Ressourcen und Ansätze zur Erhöhung der Erntemengen und Erntequalitäten. Die Aufgabe der Branche ist die Verknüpfung der Einzeldienste in einem Dienste-Netzwerk bzw. in einer landwirtschaftlichen Datendrehscheibe unter Berücksichtigung der Datenhoheit der Lohnunternehmer und Landwirte [5; 6].

Digitalisierungsstrategien mit Wechselwirkungen

Die Themen Kommunikationssysteme, Datenmanagement und Farming 4.0 bringen strategische Aufgabenfelder für die Verbände, Organisationen, Unternehmen und die Politik mit sich. Die Vernetzung von Landwirten, Lohnunternehmern, Beratern, Landmaschinen, Farm Management Systemen, Wetterprognose-Systemen, Satellitendaten, Saatgut- und Pflanzenschutzmittel-Herstellern sowie die Vernetzung zur Lebensmittelindustrie ist die große Herausforderung für die Branche.

Jeder Prozessbeteiligte muss sich intensiv auf diese Vernetzung vorbereiten. Neue Geschäftsmodelle rund um Daten und Mehrwertdienste müssen entwickelt werden, um die Digitalisierung der Landwirtschaft nutzenbringend zu vermitteln. Die Maschinen werden dabei zwar eine wichtige Rolle spielen, sind jedoch nur Teil eines Systems von Systemen.

Die Digitalisierungsstrategien der Landtechnik-Hersteller wurden insbesondere auf der Agritechnica 2015 deutlich. Einige große Landtechnik-Hersteller, wie z.B. John Deere und Claas, starten in ihrer Strategie den Versuch alles aus einer Hand anzubieten, um größtmögliche Kundenbindung oder sogar Lock-In Effekte zu erreichen, doch das Aufgabenfeld ist dafür zu groß. Andere Unternehmen, wie z.B. AGCO und CNHi, gehen gezielt den Weg der Offenheit, entwickeln Basis-Anwendungen (z.B. Telematik), und versuchen dabei Partnerschaften durch individuelle Schnittstellen in alle Bereiche aufzubauen. Bei dieser Strategie liegen die Grenzen in Entwicklungskapazitäten und die Komplexität sowie der Integrationsaufwand sind sehr hoch. Einige kleinere und mittelständische Hersteller haben aktuell keine Digitalisie-

rungsstrategie. Diese Hersteller verlassen sich darauf, dass Branchenexterne oder die großen Landtechnik-Hersteller Lösungen bereitstellen, auf die sie aufsetzen können. In dieser Grundhaltung liegen Gefahren der Abhängigkeiten. Mit zunehmender Bedeutung von Datenmanagement ist mit starken Einschränkungen im Geschäftsmodell der Hersteller oder sogar mit Marktausschluss zu rechnen.

Die nachfolgende Skizze visualisiert die Notwendigkeit der Vernetzung der Maschinen. Passt eine Maschine nicht in das System von Systemen ist mit deutlichen Nachteilen in der Vermarktung der Maschine zu rechnen. Landtechnik-Hersteller müssen eine sinnvolle Digitalisierungsstrategie entwickeln.

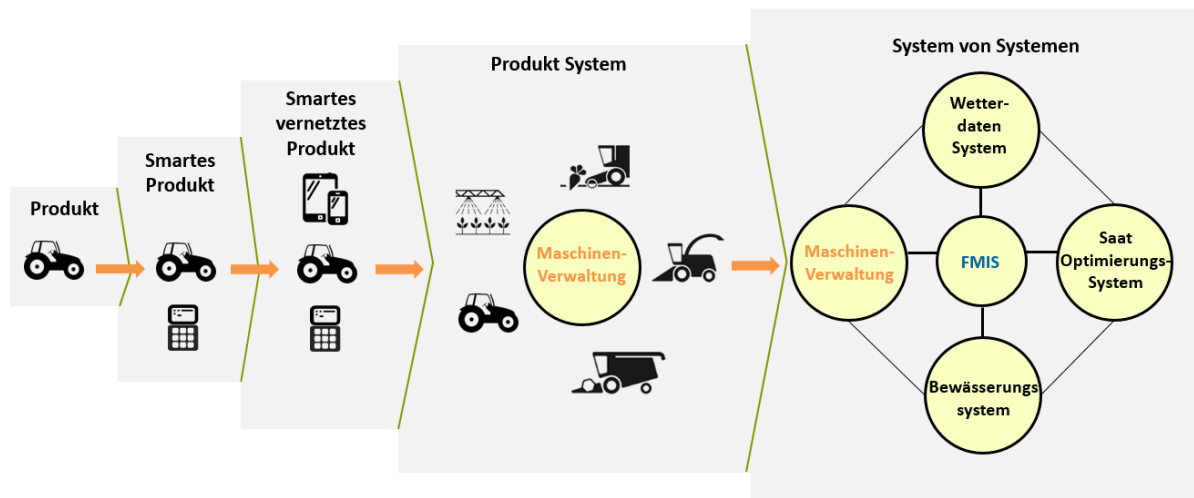


Bild 1: Internet der Dinge in der Landtechnik und Landwirtschaft [7]

Figure 1: Internet of Things in Agriculture [7]

Da alle benannten Lösungsstrategien mit diversen Nachteilen behaftet sind, arbeitet die Branche der Landtechnik-Hersteller gemeinsam mit den Kundenverbänden an einer neutralen und übergreifenden Datendrehscheibe, um fairen Marktzugang für alle Beteiligten sicherzustellen, Farming 4.0 barrierefrei zu realisieren und mittels intelligenter Mehrwertdienste zum Erfolg zu führen. Eine Gruppe verschiedener Landtechnik-Hersteller, dabei sowohl Traktor- als auch Anbaugerätehersteller, hat eine umfassende Digitalisierungsstrategie entwickelt, deren Umsetzung dabei neben der Standardisierung der Kommunikationsschnittstelle insbesondere die Umsetzung einer Datendrehscheibe mit einheitlichen Dateninterpretationsmöglichkeiten umfasst. Neben standardisierter Kommunikation sind exemplarische Mehrwertdienste wichtig. Alleinstellungsmerkmale lassen sich mittels intelligenter Dienste und Fachanwendungen realisieren. Diese Strategie beruht auf Standardisierung, zusätzlich jedoch insbesondere auf der Realisierung einer Referenzimplementierung für die Branche. Damit werden die Weichen für intelligente Dienste geschaffen. Die Branche rüstet sich damit für die digitale Zukunft.

Branchenweites Lösungskonzept

"Die Weichen für Precision Farming werden jetzt gestellt" [8]. Durch verstärkte Aktivitäten von kleinen Start-Ups, mittelständischen Unternehmen und großen IT-Riesen entsteht Handlungsbedarf. Auch die Chemie-Riesen und Saatgut- und Pflanzenschutz-Hersteller beeinflussen Farming 4.0. Zurzeit werden unzählige Schnittstellen in mühevoller Kleinarbeit erstellt, getestet und in Betrieb genommen. Gerade die kleinen und innovativen Fachexperten für landwirtschaftliche Dienste (Applikationskartenservice, Logistik, Aussaat-Optimierungsdienste) sind mit Datenbeschaffung und Dateninterpretation über vielfältige Schnittstellen hinweg beschäftigt, statt sich um fachliche Funktionen in der Anwendung zu kümmern.

Im Rahmen der herstellerübergreifenden Zusammenarbeit, geführt von der DKE [9], haben viele namhafte Landtechnik-Hersteller die landwirtschaftliche Datendrehscheibe für Maschinendaten spezifiziert. Die nachfolgende Skizze zeigt das Kommunikationsmodell.

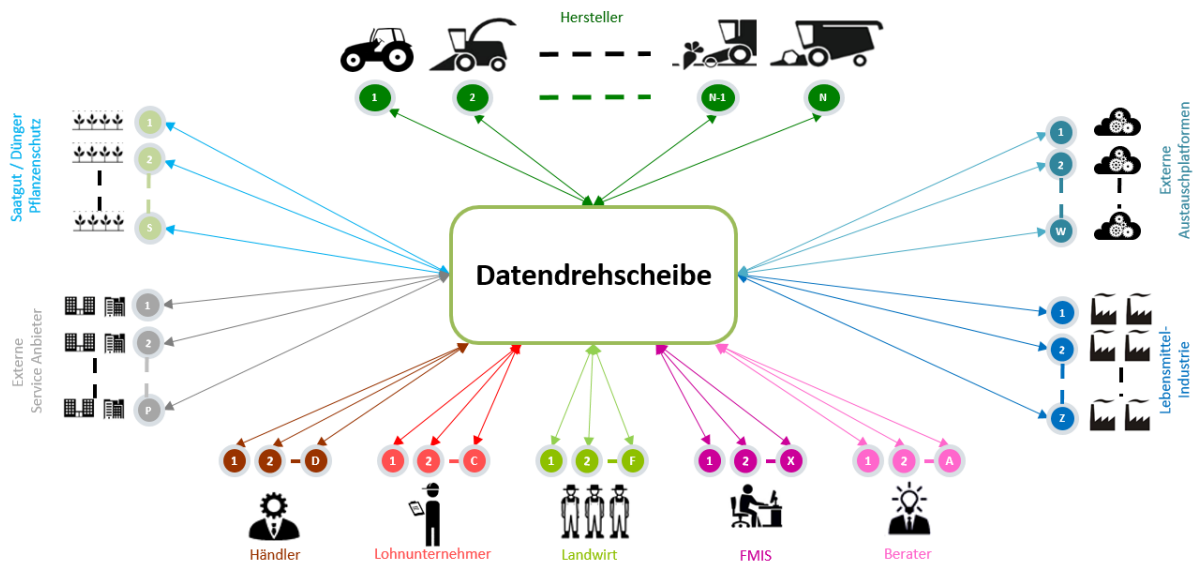


Bild 2: Konzept der landwirtschaftlichen Datendrehscheibe [10]

Figure 2: Concept of agricultural data hub [10]

Jeder Landtechnik-Hersteller soll mit einem standardisierten Kommunikationsprotokoll an eine Datendrehscheibe kommunizieren. Dabei ist neben dem Kommunikationsprotokoll auch das Vokabular vereinheitlicht und bekannt. Datenschutz und Datensicherheit werden dabei durch eine Verwaltungszentrale realisiert, die Landwirte und Lohnunternehmer gemäß des Prinzips informationelle Selbstbestimmung bedienen können. Dienste und externe Anwendungen erhalten nach Freigabe durch den Landwirt den Datenstrom zur Nutzung weitergeleitet. Aufgrund der standardisierten Schnittstellen ist Herstellerunabhängigkeit gegeben und fachliche Dienste sowie Anwendungen lassen sich aufgrund des bekannten Vokabulars zielgerichtet für die Branche entwickeln.

Neben dem technischen Lösungskonzept ist die Gestaltung eines global akzeptierten Geschäftsmodells entscheidend für eine umfassende Digitalisierungsstrategie. Die Diskussionen

mit den Kunden, den Dienste-Entwicklern, den Herstellern von Farm Management Informationssystemen sowie den Landtechnik-Herstellern hat gezeigt, dass ein transaktions- und nutzungsbezogenes Modell für die Vermittlung und Standardisierung von Daten ein geeignetes Mittel ist. Die Kopplung an die Datendrehscheibe sorgt dabei nicht nur für ein standardisiertes Kommunikationsprotokoll, sondern ermöglicht durch die eindeutige Definition der Datenformate auch die Interpretation der Daten und die Implementierung von Mehrwertdiensten.

Zusammenfassung

Farming 4.0, Big Data und moderne Kommunikationssysteme sind Innovationstreiber in der Landtechnik. Die Digitalisierungsstrategien der markt beteiligten Unternehmen sind sehr inhomogen, was zurzeit ein Hemmnis für die Kundenakzeptanz darstellt. Die Nutzung eines beliebigen Optimierungsdienstes mit einer frei wählbaren Maschine ist aktuell nicht gegeben. Neutralität und informationelle Selbstbestimmung für die Datenhaltung und Datenverarbeitung sind technisch gelöst, den Kunden fehlt jedoch das Vertrauen. Hier können insbesondere organisatorische Maßnahmen Abhilfe schaffen. Seitens der Technik sind intelligente Dienste gefragt, die Landwirten und Lohnunternehmern Zeit ersparen können, Ressourceneinsatz minimieren und Ernteerträge und Qualität erhöhen.

Die Landtechnik-Industrie hat aktuell die Chance sich mit einem modernen Kommunikationssystem nachhaltig als Digitalisierungs-Vorbild zu positionieren und weitere Innovationen in der Landtechnik zu ermöglichen. Eine neutrale herstellerübergreifende Datendrehscheibe für Maschinendaten kann aufwändige und individuelle Schnittstellen ablösen. Die Handlungs- und Entwicklungsmöglichkeiten für Dienste lassen sich dadurch erheblich steigern. Ein vereinheitlichtes Vokabular spart allen Prozessbeteiligten Integrations- und Testaufwände. Der Erfolg von Kommunikationssystemen hängt maßgeblich von Diensten und Kundenfunktionen verbunden mit Kundennutzen ab. Landtechnik-Hersteller und Dienste-Anbieter werden sich an dieser Stelle differenzieren.

Moderne Kommunikationssysteme werden nachhaltig für Veränderungen in der Landtechnik sorgen. Eine leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur, smarte Daten und smarte Dienste sind der Schlüssel weitere Innovationen in der Landtechnik.

Literatur

- [1] Agricultural Electronics Industry Foundation (AEF) e.V.: The Project Teams. URL <http://www.aef-online.org/en/aef-projects/the-project-teams.html> - Aktualisierungsdatum: 20.12.2015.
- [2] Kathrin Drinkuth, Heise Medien GmbH & Co. KG: Digitalisierte Landwirtschaft: Bauern-Apps und twitternde Schäfer. URL http://www.heise.de/newsticker/meldung/Digitalisierte-Landwirtschaft-Bauern-Apps-und-twitternde-Schaefer-3049653.html?wt_mc=nl.ho.2015-12-20 – Aktualisierungsdatum: 19.12.2015.
- [3] Peter Ziegler, Heise Medien GmbH & Co. KG: Agritechnica 2015. Smart Farming und intelligente Traktoren. URL <http://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-24-Smart-Farming-und-intelligente-Traktoren-2856744.html> - Aktualisierungsdatum: 30.10.2015.
- [4] Peter Grothues, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.: URL <https://www.agritechnica.com/de/neuheiten/neuheiten-2015/> - Aktualisierungsdatum: 02.11.2015.
- [5] Pentzlin, K.: Vortrag auf dem DBV-Tag Precision Farming. Berlin: Bundesverband der Lohnunternehmer, 27.10.2015.
- [6] Röhl, G.: Vortrag auf dem DBV-Tag Precision Farming. Berlin: Bundesverband der Maschinenringe, 27.10.2015.
- [7] Proter, M.; Heppelmann, J.: How smart, connected products are transforming companies. Cambridge / Hamburg: Harvard Business Review, 03.12.2014.
- [8] Thiede, T.: Die Weichen für Precision Farming werden jetzt gestellt. IDG Business Media GmbH. URL <http://www.cio.de/a/die-weichen-fuer-precision-farming-werden-jetzt-gestellt,3098377> – Aktualisierungsdatum: 18.12.2015.
- [9] Sonnen, J.; Möller, J.: Information System for Agricultural Applications and Connectivity. DKE GmbH: Frankfurt, 07.02.2015.
- [10] Möller, J.: Herstellerunabhängige Austauschplattform der Landtechnik. DKE GmbH: Berlin, 27.10.2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Horstmann, Jan: Kommunikationssysteme und Farming 4.0 in der Landtechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-7

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055103>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/230.html>

Logistik

Heinz Bernhardt,

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München

Kurzfassung

Der Trend zu Ausdehnung der Agrarlogistik in Deutschland hat sich verstärkt. Durch das Abflauen des Biogasbooms sind zwar nicht mehr solche Sprünge zu erwarten, aber viele Entwicklungen, die dadurch angestoßen wurden, verbreiten sich nun auch in anderen Sektoren. Die Diskussion bezüglich Traktor oder LKW als optimales landwirtschaftliches Transportfahrzeug und die Entwicklung neuer Transportketten geht weiter. Die Transportkapazitäten werden z.B. durch Leichtbau optimiert und Transportketten restrukturiert. Im Bereich der Informationstechnologie sind nun auch leistungsfähige Simulations- und Regelungstools für die Agrarlogistik auf dem Markt. Die Automatisierung von Logistikprozessen wie z.B. die gemeinsame Steuerung von Überladewagen und Mähdrescher ist ebenfalls zu beobachten.

Schlüsselwörter

LKW, Umschlagsysteme, Datenlogistik

Logistic

Heinz Bernhardt,

Agricultural Systems Engineering, Technical University of Munich

Abstract

In the last years the amount of transported goods and the transport distances in the agricultural sector are also rising. The biogas boom stopped but many developments have been initiated in other sectors. The discussion about tractor or truck as optimal agricultural transport units and the development of new logistic chains continues. The transport capacities are optimized by lightweight construction. In the market are now powerful simulation and control tools for agricultural logistics. The automation of logistics processes can also be observed.

Keywords

Truck, reload systems, data logistic

Entwicklung der Rahmenbedingungen

Nach dem Abebben des Biogasbooms durch die Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetz 2014 ist in diesem Bereich eine Konsolidierung zu beobachten. [1] Die entsprechenden Transportketten werden nicht weiter ausgebaut sondern nun optimiert und besonders ökonomische Einsparungspotentiale gezielt genutzt. Im Bereich der Getreidelogistik ist ein Trend zu immer größeren Erntemaschinen zu beobachten, der auch entsprechende Auswirkungen auf die anschließende Logistikkette hat. Hierbei wird sowohl an der Vergrößerung der Transportkapazitäten, besonders der Überladewagen [2; 3], als auch an der Automatisierung des Überladeprozesse gearbeitet. Im Bereich der Zuckerrübenenernte zeigen sich aktuell die Auswirkungen der Marktreform in diesem Bereich. [4] Von einzelnen Zuckerfabriken ist eine Ausdehnung der Kampagne bis in den Februar geplant, um die Fabriken besser ausnutzen zu können und auch die Schließung einzelner Fabriken. Die führt in der Rübenlogistik zu längeren Einsatzzeiten und einem Anstieg der Transportentfernungen. Gleichzeitig steigt die Arbeitsbreite der Zuckerrüben Roder auf 9 und 12 reihen [5; 6] was auch entsprechende Anpassungen bei der Feldlogistik notwendig macht. In der Güllelogistik sind ebenfalls die Auswirkungen der gesetzlichen Reduzierung der Ausbringungszeiten zu beobachten. [7] Hier müssen die Logistikketten noch schlagkräftiger werden.

Transportfahrzeuge

Zugmaschine

Die Diskussion nach dem optimalen Transportfahrzeug in der Landwirtschaft zwischen Traktor und LKW ist weiter zu beobachten. Es ist zu erkennen, dass sich beide Bereiche dabei immer mehr annähern. Aktuelle Entwicklungen im Agrar-LKW Bereich sind inzwischen neben angepasster Bereifung und Reifendruckregelungsanlage auch mit leistungsfähiger Hydraulik, Zapfwelle und ISO-Bus Anschluss verfügbar. [8] Diese Entwicklung ist teilweise auch im Bereich der Traktoren zu beobachten. Untersuchungen zeigen, dass beim Einsatz von MPT Reifen beim Traktor in typischen Transportsituationen bei gleichen Transportgeschwindigkeiten der Kraftstoffverbrauch um durchschnittlich 11,4 % gesenkt werden konnte. Die in der Untersuchung auch analysierte Erhöhung der Endgeschwindigkeit bei Standard und MPT Reifenprofil von 50 auf 60 km/h resultiert in einer Zeitersparnis von durchschnittlich 8,5 %, bedingt jedoch einen um durchschnittlich 5,5 % höheren Kraftstoffverbrauch [9].

Ein weiterer Aspekt der Auswahl der Zugmaschinen ist auch die verfügbare Feldwegsgeometrie. Hierbei sind besonders die Kurvenradien nicht mehr ausreichend für einige moderne Logistiklösungen. Entsprechende Simulationsmodelle sollen hier in die neuen Feldwegsnormen mit einfließen [10].

Anhänger

Die grundlegenden Entwicklungsziele landwirtschaftliche Transportfahrzeuge lassen sich als maximale Nutzlast und -volumen, bei Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen definieren. Ein grundlegendes Problem ist dabei die ausreichende Stabilität der Fahrzeuge im

landwirtschaftlichen Einsatz und der sich dadurch reduzierenden Nutzlast. Eine neue Entwicklung ist hierbei der Güllezubringer Tankwagen von Zunhammer (**Bild 1**) der ohne Tragrahmenkonstruktion auskommt und die beiden Achsen des Fahrzeugs alleine über den glasfaserverstärkten Tank (GFK) miteinander verbunden sind. Dadurch ist eine Nutzlast von 14,5 t bei einem Eigengewicht von 3,5 t in den gesetzlichen Rahmenbedingungen möglich [11].



Bild 1: Zunhammer Ultra Light Tankwagen ULT-18 [11]

Figure 1: Zunhammer Ultra Light transport trailer ULT-18 [11]

Auch die neuen Deichselanhänger der Firmen Krampe und Kröger stellen eine für den Transport optimierte Variante da. Das Fahrzeug ähnelt in seiner Grundkonstruktion einem Vorderwagen mit Sattelaufleger. In diesem Fall ist aber der Vorderwagen fest mit dem Sattelaufleger verbaut und stellt auch rechtlich ein Fahrzeug da. Dadurch ist es möglich die Gewichtsgrenze von Drehkranzgelenkten Anhängern zu überschreiten, da zusätzlich eine Stützlast auf den Traktor übertragen werden kann. Für Zweichsanhänger sind damit statt 18 t zGW 24 t zGW und beim Dreichsanhänger statt 24 t zGW 34 t zGW bei 40 km/h erlaubt. Die weiteren Vorteile sind eine Gewichtseinsparung durch das Fehlen eines Kupplungselements zwischen Vorderwagen und Sattelaufleger, bei gleichzeitig Kraftübertragung auf das Zugfahrzeug und guter Rangierbarkeit [12; 13].

Auch bei den Silagewagen ist z.B. durch schräg nach vorne geneigte Vorderwände eine Optimierung des Transportvolumens in den gegebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beobachten [14; 15].

Umschlagtechnik

Moderne Erntesysteme sind immer mehr auf mobile Umschlagtechnik im Feld angewiesen um ihr Leistungspotential auszuschöpfen. Bei Überladewagen in der Getreideernte ist ein

stetiger Leistungsanstieg zu beobachten [2]. Auch bei der Zuckerrübenenernte entsteht durch die Nutzung von 9 und 12 reihigen Erntevorsätzen die Notwendigkeit im Feld zu überladen, da die Bunkerkapazitäten nicht mehr für einen Transport bis zum Feldrand ausreichen. Da somit eine zweite Arbeitskraft neben dem Roderfahrer erforderlich ist, muss eine entsprechende Leistungssteigerung gegeben sein, was auch wieder den Sprung zu 12 reihiger Roderetechnik erläutert. Da durch das Überladesystem nicht die in den letzten Jahren errungenen Erfolge im Bodenschutz bei der Zuckerrübenenernte zunichte gemacht werden sollen, ist für das Überladefahrzeug das gleiche Bodenschutzkonzept wie für den Roder notwendig. Die Firma Holmer bietet deshalb ein selbstfahrendes Überladefahrzeug (**Bild 2**) für Zuckerrüben, Getreide und Häckselmais mit großvolumiger Bereifung und spurversetztem Fahren an, das in Bezug auf den Bodenschutz die gleichen Eigenschaften wie der Roder aufweist [5].



Bild 2: Holmer 12 reihiger Zuckerrübenroder mit Überladefahrzeug [5]

Figure 2: Holmer 12 row sugar beet harvester with field logistic [5]

Auch im Pflanzenschutzbereich zeichnet sich ein Trend zur Zufuhrlogistik ab. Nachdem die Möglichkeiten von größerem Behältervolumen und reduzierter Wasseraufwandmenge ausgeschöpft sind, werden nun Zubringersysteme entwickelt. Diese reichen vom alleinigen Transport von Wasser bis zum Vormischen des Pflanzenschutzmittels. Dabei wird die benötigte Menge von der Pflanzenschutzspritze mitgeteilt, die gesamte Spritzbrühe vorbereitet und über leistungsstarke Pumpen in das Ausbringfahrzeug umgefüllt [16].

Im Bereich Bodenschutz bei der Silomaisernte wurde von Annaburger ein separates Raupenlaufwerk vorgestellt. (**Bild 3**) Dabei wird der Transportanhänger am Feldrand auf das Raupenlaufwerk gefahren und mit diesem dann über das Feld gezogen. Somit ist es möglich Radfahrzeuge im Feld mit bodenschonenderem Raupenfahrwerk zu bewegen [17].



Bild 3: Annaburger Raupenlaufwer UniCrawler [17]

Figure 3: Annaburger Crawler carriage UniCrawler [17]

Informationstechnologie in der Agrarlogistik

Simulationsprozesse spielen in der Agrarlogistik eine immer bedeutendere Rolle. [18; 19] Besonders im Bereich Bioenergielogistik wurden in den letzten Jahren verschiedenste Modelle zur Schwachstellenanalyse [20; 21], Kraftstoffverbrauch [22; 23; 24] Fahrzeugplanung [25; 26] und Routenoptimierung [27] eingesetzt. Ein besonderes Problem für die Simulation im Agrarbereich ist dabei, dass sich die Systeme bei der Produktion bewegen und damit das Konstrukt der festen Punkte und dazwischenliegenden Kanten wie es sonst für Simulationsmodelle genutzt wird auflöst. Die Simulation ist deshalb aus einem sich bewegenden Prozess zu generieren [22].

Es werden dabei verschiedene Möglichkeiten genutzt um die Daten für die Erstellung der Simulationsmodelle zu generieren, z.B. können die Daten des CAN-Bus ausgelesen werden und daraus in einer Big-Data-Analyse die Ausgangswerte für die Modelle entwickelt werden [28] oder über die Positionsdaten die einzelnen Prozesszustände zugewiesen werden [29; 30].

Um die in der Simulation gewonnen Daten der Logistikkette zur Verfügung stellen zu können ist ein Datenaustausch zwischen den einzelnen Fahrzeugen notwendig. [31] Dies kann z.B. über ein auf der Fläche erstelltes Ad-hoc-Netzwerk zum Austausch von GNSS und Sensor Daten erfolgen. [32] Damit können Übertragungsprobleme an einen zentralen Internetserver durch Funkwellenabschattung vermieden werden.

**Bild 4:** Claas Feldroutenoptimierung [33]**Figure 4:** Claas field navigation [33]

Nach der Routenplanung zum Schlag rückt der Bereich der Logistik immer mehr in den Vordergrund. Hierbei liegt der Fokus zuerst auf der Reduzierung von Wartezeiten, unnötiger Fahrten und Wendevorgängen [34; 35; 36]. Am Beispiel der Kartoffelproduktion werden durch entsprechende Simulationsmodelle Effizienzsteigerungen in der Flächenbearbeitung von bis zu 4,8 % aufgezeigt. [37] Ein besonderer Aspekt sind in der Infield-Logistik die automatisierten Wendevorgänge [38].

Ein Beispiel für einen ersten Ansatz der kommerziellen Umsetzung der Infield-Logistik in die Praxis ist das System Feldroutenoptimierung von Claas. (**Bild 4**) Hierbei kann die optimale Bearbeitungsroute für die Geometrie jedes Feldes errechnen werden. Als Ergebnis werden dem Nutzer eine Aufteilung des Feldes und Fahrspuren ausgegeben, die es ihm ermöglichen, das Feld zeit- und streckenoptimiert zu bearbeiten [33].

Bei der Analyse von Praxisdaten zeigt sich aber häufig, dass bei Betriebsleitern nicht die längste Fahrstrecke und die Reduzierung der Wendevorgänge alleine ausschlaggebend für das Befahrungsmuster sind [39].

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass der landwirtschaftliche Logistiksektor einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unterworfen ist. Die Transportsysteme Traktor und LKW gleichen sich immer häufiger an. Eine besondere Bedeutung bekommen in Zukunft Umschlagssysteme, um die Effizienz der Logistikketten weiter zu steigern. Die Informationstechnologie findet mit Simulationsmodellen zur Routenplanung und ersten Ansätzen zur Infield-Logistik immer mehr Verbreitung in der Praxis.

Literatur

- [1] Fachverband Biogas: Ende des Biogasbooms. URL <http://www.biogas.org> - Aktualisierungsdatum: 1.2.2016.
- [2] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Bergmann. URL <http://www.bergmann-goldenstedt.de> - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [3] -, -: Internetauftritt des Unternehmens HAWE-Wester. URL <http://www.hawe-wester.de> - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [4] Gebhardt, H. und Kirchberger, T.: Rübenanbau und Zuckererzeugung ab 2017. URL http://bisz.suedzucker.de/Downloads/Kuratoriumstagungen/Kuratoriumstagung_2016/Gebhard__Hans-Joerg_Kirchberg_Thomas.pdf - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [5] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Holmer. URL <http://www.holmer-maschinenbau.de> - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [6] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Ropa. URL <https://www.ropa-maschinenbau.de/> - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [7] Kowalewsky, H. H.: Wirtschaftsdünger - überregional verwerten. URL http://www.hez.wzw.tum.de/fileadmin/Agrarwissenschaftliches_Symposium/Praesentationen_2014/Kowalewsky_Wirtschaftsduenger_ueberregional_verwerten.pdf - Aktualisierungsdatum: 15.2.2016.
- [8] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Bruhns. URL <http://www.bruhns-karstaedt.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [9] Mederle, M. et al.: Optimierungspotenzial eines Standardtraktors im Straßentransport. Landtechnik (2015) 5, 194–202, doi:<http://dx.doi.org/10.1515/lt.2015.2675>.
- [10] Hürter, S.; Götz, S. und Bernhardt, H.: Vergleich von simulierten und reellen Schleppkurven von Landmaschinen. Landtechnik (2014) 1, 25–29.
- [11] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Zunhammer. URL <http://www.zunhammer.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [12] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Krampe. URL <http://www.krampe.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [13] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Kröger. URL <http://www.kroeger-nutzfahrzeuge.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [14] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Krone. URL <http://landmaschinen.krone.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [15] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Lely. URL <http://www.lely.com> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [16] Kiefer, S.: Zufuhrlogistik auf dem Betrieb. In: Landtechnik für Profis 2016, Frankfurt: DLG-Verlag, 2016.
- [17] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Annaburger. URL <http://www.annaburger.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.

- [18] Folinas, D.; Aidonis, D.; Manikas, I.; Bochtis, D.: Logistics Processes Prioritization in the Agrifood Sector. *International Journal of Agricultural Management* (2015) 4, p. 72-83.
- [19] Pauli, S.: Automatische Dokumentation von Warenströmen bei Transportprozessen von landwirtschaftlichen Gütern. Dissertation, Technische Universität München: 2015.
- [20] Pavlou, D.; Orfanou, A.; Busato, P.; Berruto, R.; Sørensen, C. and Bochtis, D.: Functional modeling for green biomass supply chains. *Computers and Electronics in Agriculture* (2016) 122, 29–40.
- [21] Savoie, P.; Luc Hébert, P.; Robert, F.: Logistics and Economics of Harvesting Short-Rotation Woody Crops at Various Rates. *VDI-MEG LandTechnik 2013 Hannover November 2013*, 345-350, Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [22] Bernhardt, H.: Simulation of Agricultural Logistic Processes with k-Nearest Neighbors Algorithm, *CIGR E-Journal* (2015), 241-246.
- [23] Jokiniemi, T.; Suokannas, A. and Ahokas, J.: Energy consumption in agriculture transportation operations, *Engineering in Agriculture, Environment and Food* (2015) in press.
- [24] Fillingham, R.; Blackmore, S.; Clare, D.; White, D.; Korte, H. and Kettelhoit, B.: Development of a model to optimise the energy requirement of a grain harvest. *VDI-MEG LandTechnik 2015 Hannover November 2015*, 161-168, Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [25] Sosa, A.; Acuna, M.; McDonnell, K. and Devlin, G.: Controlling moisture content and truck configurations to model and optimise biomass supply chain logistics in Ireland, *Applied Energy* (2015) 137, p.338-351.
- [26] Kluge, A.: CLAAS. Fleet View Mobile application for coordinating the transport logistics in the grain harvest. *VDI-MEG LandTechnik 2015 Hannover November 2015*, 355-358, Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [27] Lamsal, K.; Jones, P. and Thomas, B.: Harvest logistics in agricultural systems with multiple, independent producers and no on-farm storage. *Computers & Industrial Engineering* (2016) 91, p.129-138.
- [28] Steckel, T.; Bernardi, A.; Gu, Y.; Windmann, S.; Maier, A. und Niggemann, O.: Anomaly Detection and Performance Evaluation of Mobile Agricultural Machines by Analysis of Big Data. *VDI-MEG LandTechnik 2015 Hannover November 2015*, 349-354, Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [29] Heizinger, V. und Bernhardt, H.: Algorithmische Datenanalyse landwirtschaftlicher Prozessketten. *VDI-MEG LandTechnik 2014 Berlin November 2014*, 295-300, Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [30] Heizinger, V.: Algorithmische Analyse von Prozessketten in der Agrarlogistik. Dissertation, Technische Universität München, 2014.
- [31] Nordemann, F.; Tönjes, R. und Pulvermüller, E.: Robust Communication for Agricultural Process Management in Rural Areas How dynamic Combination and Configuration of

- Communication Technologies enables robust Data Transfers in Rural Areas. VDI-MEG LandTechnik 2015 Hannover November 2015, 95-100 Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [32] Schattenberg, J.; Harms, H.; Lang, T.; Becker, M.; Batzdorfer, S.; Bestmann, U. und Hecker, P.: Datenaustausch in mobilen Maschinenverbänden zur echtzeitfähigen Positionierung. Landtechnik (2013) 5, S.359-364.
- [33] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Claas. URL <http://www.claas.de> - Aktualisierungsdatum: 14.1.2016.
- [34] Jensen, M.; Nørremark, M.; Busato, P.; Sørensen, C. and Bochtis, D.: Coverage planning for capacitated field operations. Part I: Task decomposition, Biosystems Engineering (2015) 139, p.136–148.
- [35] Jensen, M.; Bochtis, D. and Sørensen, C.: Coverage planning for capacitated field operations. Part II: Optimisation. Biosystems Engineering (2015) 139, p.149-164.
- [36] Shearer, S.; Wolters, D.; Root, P.; Klopfenstein, A. and Schroeder, B.: Modeling of Grain Harvest Logistics for Modern In-Field Equipment Complements. VDI-MEG LandTechnik 2015 Hannover November 2015, S.379-386, Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [37] Zhou, K.; Leck Jensen, A.; Bochtis, D. and Sørensen, C.: Simulation model for the sequential in-field machinery operations in a potato production system. Computers and Electronics in Agriculture (2015) 116, p.173–186.
- [38] Sabelhaus, D.; Schulze Lammers, P.; Meyer zu Helligen, L. und Röben, F.: Pfadplanung von landwirtschaftlichen Fahrmanövern. Landtechnik (2015) 4, S.123-131.
- [39] Mederle, M.; Heizinger, V. und Bernhardt, H.: Analyse von Einflussfaktoren auf Befahrungsstrategien im Feld. 35. GIL-Jahrestagung 2013, S.113-116, Geisenheim: GIL 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Bernhardt, Heinz: Logistik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-9.

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055105>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/231.html>

Arbeitswissenschaft

Matthias Schick, Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH

Kurzfassung

Zur arbeitswirtschaftlichen Optimierung von Produktionssystemen und zur Qualitätssicherung stehen vermehrt sensorgesteuerte, automatisierte Verfahren zur Verfügung. Neben Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Mensch, Tier und Maschine bieten sog. „Smart Farming“ (SF-) Systeme Potenziale für effiziente, emissionsmindernde und ressourcenschonende Verfahren in der Aussen- (Bodenbearbeitung, Saat, Pflanzung, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte, Maschineneinsatz, Bewässerung etc.) und Innenwirtschaft (Melken, Fütterung, Entmistung, Lüftung, Gesundheitsmonitoring etc.). Die Vernetzung der Systeme untereinander schafft zusätzliche Synergien. Offen ist, unter welchen Voraussetzungen diese neuen Technologien der Landwirtschaft inkl. den vor- und nachgelagerten Bereichen einen Mehrwert bringen und in der vorwiegend kleinstrukturierten Landwirtschaft wirtschaftlich einsetzbar sind. Darüber hinaus besteht ein grosser Forschungsbedarf bezüglich der Akzeptanz der Systeme in der landwirtschaftlichen Praxis, auch unter Berücksichtigung des demografischen Wandels.

Schlüsselwörter

Arbeitszeit, Arbeitsbelastung, smart farming, Systemansatz, Schwachstellenanalyse, Arbeitsorganisation, Arbeitssicherheit

Farm Work Science

Matthias Schick, Agroscope Tänikon, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH

Abstract

For consideration of work economic optimization of production systems and quality assurance sensor-controlled, automated processes are increasingly available. In addition to decision-making facts provide for the use of human, animal and machine offer the "Smart Farming" (SF) systems potential for efficient, reducing emissions and conserve resources processes in crop production (for example fertilization, plant protection, machinery use, irrigation) but also in livestock farming (milking, feeding, mucking, ventilation, health monitoring). The networking between several agricultural systems creates additional synergies. It is still unclear under what conditions these new technologies of farming incl. the pre- and post-mounted areas provide added value and in the predominantly small-scale farming are economically viable. In addition, there is a great need for research on the acceptability of the systems in agricultural practice, also taking into account the demographic changes.

Keywords

orktime requirements, Workload, Smart Farming, System approach, Work organization, Weak point analysis, Work safety

Arbeitszeitbedarf

Arbeitsanalysen in Form von direkten Zeitmessungen stehen im Vordergrund der meisten arbeitswirtschaftlichen Betrachtungen. Die händische Arbeitsbeobachtung stellt dabei die Beobachtungspersonen bei kurzzyklischen Arbeits- und Prozessabschnitten vor grosse Herausforderungen. Eine Lösungsmöglichkeit stellen mittlerweile videounterstützte Zeitmessungen dar. Damit können Datenaufbereitung und -auswertung reliabel gestaltet werden [1]. Die Problematik der exakten Einflussgrössenerfassung während der Messung (z.B. Wegstrecken, Massen, etc.) ist damit allerdings noch nicht gelöst [2]. Durch gezielte Anordnung von hochpräzisen Sensoren können hierbei Lösungen angeboten werden [3]. Die Mobilität dieser Sensortechniken ist aber noch nicht standardisiert.

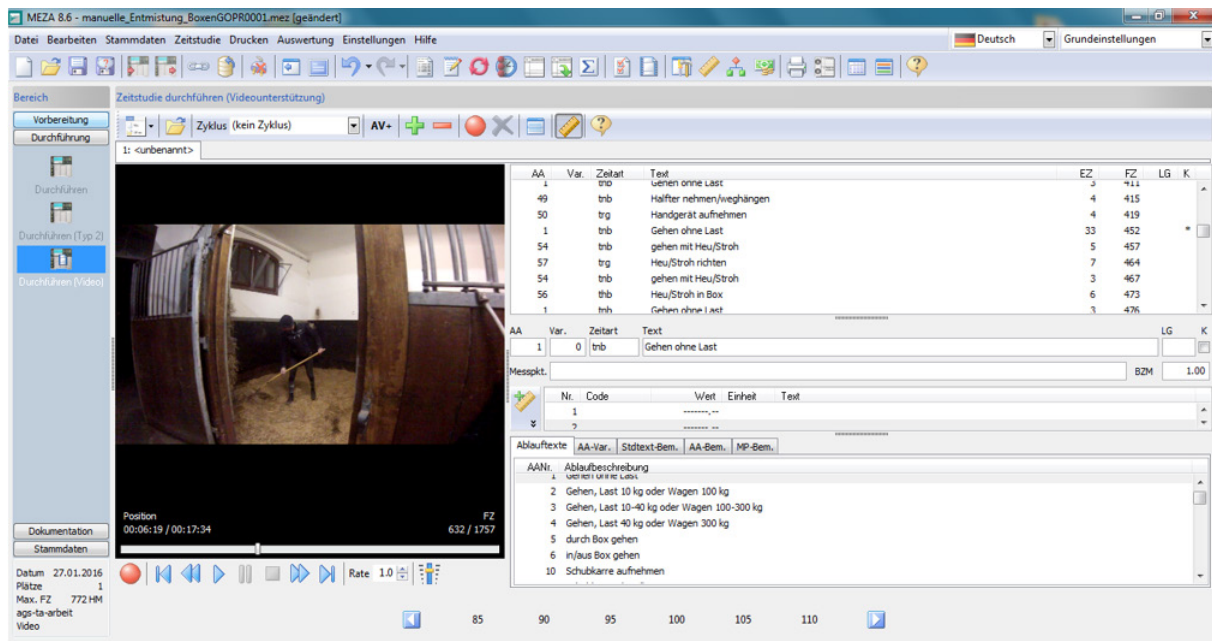


Bild 1: Videounterstützte Zeitmessung [1]

Figure 1: Video based time measurement [1]

Betriebsführung

Die vielfältigen Arbeitsabläufe bei komplexer werdenden Mensch-Maschine-Systemen beinhalten mehrere physische und psychische Belastungskomponenten [4]. Die zunehmende Automatisierung erhöht die Anforderungen an das Bedienpersonal. Es sind zunehmend sehr gut ausgebildete Fachkräfte notwendig um Maschinen einzurichten, zu warten und den reibungslosen Ablauf von Routinetätigkeiten zu gewährleisten [5; 6].

Der Landwirt als Unternehmer übernimmt dabei vermehrt eine Drehscheibenfunktion um sämtliche betrieblichen Daten zu erfassen, zu nutzen und zu verwalten. Dabei stellen auch heute noch übliche Mehrfacheingaben einen zusätzlichen Aufwand und eine Fehlerquelle dar [7].

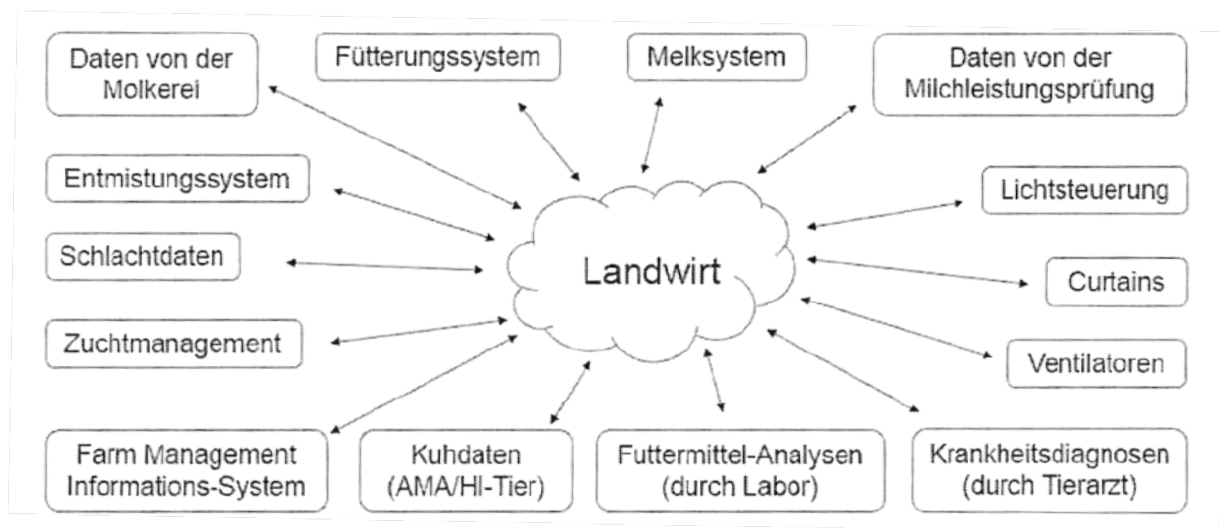


Bild 2: Landwirt als Drehscheibe aller Betriebsdaten [7]

Figure 1: Farmer as the hub of all operating data [7]

Der steigende Anteil der Betriebsführungsarbeiten in der Landwirtschaft basiert im Wesentlichen auf zunehmenden administrativen Tätigkeiten und Kontrollen. Mit elektronischen Hilfsmitteln ist teilweise eine zeitliche Entlastung möglich. Unter Umständen kann damit allerdings eine zusätzliche psychische Belastung einhergehen. Über verschiedene softwaregestützte Expertensystem-Apps wird versucht in verschiedenen Forschungsprojekten Abhilfe zu schaffen [1].

Arbeitsorganisation

Der Einsatz von Checklisten und Standardarbeitsanweisungen (SOP) setzt sich in der landwirtschaftlichen Produktion nur langsam durch. Die standardisierten Betriebsabläufe insbesondere bei kurzzyklischen Abläufen werden noch nicht überall als vorteilhaft angesehen. Kennzahlenbasierte Schwachstellenanalysen werden dagegen vermehrt im Rahmen von Arbeitskreisen oder einzelbetrieblichen Analysen durchgeführt [8].

Zur einzelbetrieblichen Analyse werden vermehrt einfache Zeiterfassungssysteme (Apps) eingesetzt um die IST-Situation in Anlehnung an bestehende Kalkulationsdaten zu erfassen und mit eigenen Zahlen zu vergleichen.

Kalkulations- und Bewertungssysteme

Zur Bewertung der landwirtschaftlichen Arbeit werden vermehrt Systemansätze herangezogen. Dabei werden die drei Dimensionen der Arbeitsbelastung (zeitliche, physische und psychische) nicht mehr isoliert voneinander betrachtet sondern die jeweiligen Auswirkungen mit einbezogen. In einem wissenschaftlichen Systemansatz werden dabei auch die Methoden der Systemanalyse, der Modellbildung und der Verifizierung als Grundlage für Systemdesignerstellungen herangezogen.

Neben der ausschliesslichen Betrachtung der Arbeitszeiten werden hierbei auch vermehrt Prozessanalysen durchgeführt um die Auslastung von technischen Systemen in der Innen-

und Aussenwirtschaft zu kalkulieren und teilweise zu optimieren [9; 10; 11]. Zur mathematischen Abbildung von komplexen Transportketten werden dabei beispielsweise die Kirchhoffschen Regeln eingesetzt. Damit können Transportketten als kontinuierliche Transportflüsse beschrieben werden. Als Ergebnis stehen systembedingt realisierbare Durchsätze sowie dazugehörige kritische Transportpfade und notwendige Transportkapazitäten zur Verfügung [12].

Arbeitsplatzbedingungen

Zur Analyse von landwirtschaftlichen Arbeitssystemen und zur Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen werden vermehrt Industrieansätze herangezogen. Zur Quantifizierung der physischen Belastungskomponenten im Melkstand stehen u.a. die Herzfrequenzmessung und die Messung der Herzratenvariabilität zur Verfügung. Ausgehend davon können Optimierungsstrategien zur Gestaltung des Melkstandes erarbeitet werden [13; 14; 15].

Eine weitere Methode zur Untersuchung der Arbeitshaltungen bei verschiedenen Arbeitsverfahren erfolgt über die Computerunterstützte Erfassung und Langzeitanalyse (CUELA). Damit können die Bewegungen des Muskelskelettsystems erfasst und analysiert werden. Die Anwendbarkeit wurde in einer Machbarkeitsstudie validiert. Als Ergebnis stehen Empfehlungen für ideale Grubentiefen bei Melkständen zur Verfügung. Damit können langfristig schädigende Arbeitshaltungen weitestgehend vermieden werden [16].

Arbeitssicherheit

Im Bereich der Arbeitssicherheit wurden im Berichtszeitraum u.a. Forschungsarbeiten zu Schwingungen bei Traktorkabinen, zu verbesserten Traktorsitzen und zur Farbgestaltung von Sicherheitsbrillen durchgeführt. Dabei werden bestehende ISO-Normen kritisch hinterfragt und interaktive Traktor-Fahrsimulationen von verschiedenen Herstellern etabliert. Der Vorteil der Simulation besteht in der einfachen Parametervariation unter c.p. Bedingungen und damit reliablen Ergebnisdarstellungen. Der Einbezug von verschiedenen Spektren für verschiedene Anwendungsbereiche bei Sicherheitsbrillen für landwirtschaftlichen Arbeiten bietet bei vergleichsweise geringen Kosten ein grosses Optimierungspotenzial [17].

Zusammenfassung

Sowohl die Mechanisierung als auch die zunehmende Automatisierung führt zu einer ständig fortschreitenden Rationalisierung der landwirtschaftlichen Produktion. In den letzten 25 Jahren wurde die klassische Mechanisierung dabei vermehrt durch Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) ergänzt. Durch deren Einsatz wird der Mensch von Routinearbeiten entlastet und kann seine Arbeitskraft effizienter einsetzen, vorhandene Ressourcen bestmöglich ausschöpfen sowie die Produktions- und Produktqualitäten sichern bzw. verbessern. Die psychischen Belastungskomponenten sind bei diesem Prozess allerdings zunehmend erkennbar. Die fortschreitende Mechanisierung ist ein evolutiver Prozess, an den sich die Arbeitskräfte unterschiedlich schnell anpassen. Oftmals sind auch mentale Barrieren im Spiel, da sich die Landwirte und Landwirtinnen durch die neuen Technologien nicht abgeholt fühlen.

Literatur

- [1] Heitkämper, K.; Wagner, A.; Schlatter, M.; Umstätter, C. und Schick, M.: Administrative Vereinfachung in der Landwirtschaft. Was bedeutet das in Zeiteinheiten? VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 59 - 68.
- [2] Umstätter, C.; McSweeney, D.; Foley, F.; Halton, P.; Heitkämper, K.; Schick, M. und O'Brien, B.: Können virtuelle Zäune Arbeit einsparen? VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 51 - 58.
- [3] Umstätter, C.; McSweeney, D.; Foley, C.; Halton, P.; Heitkämper, K.; Schick, M.; O'Brien, B.: Labour requirements of fencing in grazing systems and a potential technological solution. In: 7th European Conference on Precision Livestock Farming. 15-18 September, Hrsg. EC-PLF, Milan Italy. 2015, p. 1-8.
- [4] Umstätter, C.; Stark, R.; Schmid, D.; Schick, M.: Impact of technological advances on annual working time in Swiss farming. In: Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference 2015. 26-28 May, Hrsg. CIOSTA & CIGR, Saint Petersburg, Russia. 2015, S. 849-856.
- [5] Lorencowicz, E.; Uziak, J.: Farmers collaboration – the way for improving sustainability. In: Lorencowicz E. (red.), Baptista F. (red.), Silva L.L. (red.), Marques da Silva J.R. (red.). (2014). Sustainable agriculture Poland-Portugal. Lublin-Evora, (ISBN 978-83-937433-1-5), p. 99-110.
- [6] Lorencowicz, E.; Uziak, J.: Repair Cost of Tractors and Agricultural Machines in Family Farms. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 7 (2015), p. 152-157.
- [7] Hörmann, S.; Handler, F.; Tomic, D.K. und Drenjanac, D.: Prozessoptimierung und Datenmanagement in der Milchviehhaltung durch den Einsatz semantischer Technologien. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 121 - 128.
- [8] Schick, M.: Kennzahlenbasierte Schwachstellenanalyse. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 155 - 163.
- [9] Macuhova, J.; Haidn, B.: Entwicklung der Tools für arbeitswirtschaftliche Ist-Analyse für die Innenwirtschaft auf Milchvieh-, Bullenmast- und Schweinemastbetrieben. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 143 - 154.
- [10] Albrecht, F.; Macuhova, J.; Simon, J.; Haidn, B. und Bernhardt, H.: Entwicklung von Berechnungsmodellen für die Einschätzung der Auslastung von Entmistungsrobotern. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 129 – 142.
- [11] Mederle, M.; Gerl, M.; Heizinger, V. und Bernhard, H.: Analyse von Prozesszeiten beim Mähdrusch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 29 – 38.
- [12] Fechner, W.: Methode zur Berechnung komplexer Transportketten. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 39 - 50.

- [13] Mayrhofer, M.; Prinz, B.; Nimmerichter, A. und Quendler, E.: Herzfrequenzmessung zur Bestimmung der Beanspruchung von MelkerInnen beim Melken in Melkständen oberösterreichischer Betriebe. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 107 – 112.
- [14] Kolstrup, C.; Jakob, M.: Epidemiology of musculoskeletal symptoms among milkers and dairy farm characteristics in sweden and germany. Journal of Agromedicine. 21, 1 (2016) 43-55. URL <http://dx.doi.org/10.1080/1059924X.2015.1106373>.
- [15] Thinius, M.; Jakob, M.: A strategy for workplace health promotion on German dairy farms. Agricultural Engineering International the CIGR Ejournal. 17, 1 (2015): p. 173-180. URL <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/3183/2039>.
- [16] Cockburn, M. und Schick, M.: Ergonomie in Melkständen. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 113 - 120.
- [17] Bombosch, F.: Besser sehen mit der richtigen Scheibentönung. VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Hohenheim; H. 41 (2016) S. 23 – 28.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Schick, Matthias: Arbeitswissenschaften. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-6

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055106>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/232.html>

Gesamtentwicklung Traktoren

Hermann Knechtges, Institut für Technik, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

Kurzfassung

Der Umsatz Traktoren ging 2015 weltweit zurück - auch in Deutschland. Durch die Emissionsstufe EU IV bzw. U.S. Tier 4 final ausgelöste Neuentwicklungen sind weitgehend abgeschlossen. Die auf der Agritechnica 2015 erkennbaren Schwerpunkte betreffen nunmehr CO₂-Reduktion, verbesserte Fahrwerke (Regelung Allradantrieb, Ballastmanagement, teilw. Aufsteckraupen), weitere Getriebeneuheiten, verbesserte Elektronik-Handhabung und Kabinenausstattungen, Vordringen elektrischer Geräteantriebe sowie weitere Fortschritte des "Tractor-Implement-Management (TIM)" über ISOBUS. Gleichzeitig nimmt die Kommunikation über Smartphones stetig zu. Der Trend zu globalen Kooperationen und Produktionssystemen setzte sich fort.

Schlüsselwörter

Traktor, Schlepper, Traktormarkt, Traktorentwicklung, Fahrwerke, Automatisierung, ISOBUS

Agricultural Tractor Development

Hermann Knechtges, University of applied Sciences, Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius, Chair of Automotive Engineering, Technische Universität München

Abstract

Tractor sales have been depressed 2015 worldwide - also in Germany. Technical developments meeting emission levels EU IV respectively Tier 4 final are widely completed. The focus at Agritechnica 2015 has been moved now more to CO₂ reduction, improved traction systems (4WD control, ballast management, some single tracks), further transmission innovations, improved electronic interfaces and cab comfort, progress in electric implement drives and further steps forward of tractor-implement management (TIM) via ISOBUS. At the same time the trend of using smart phones for communication systems has been intensified. The trend of global co-operations and production systems is going on as well.

Keywords

Tractor, tractor market, tractor development, traction systems, automation, ISOBUS

Marktsituation

Der Umsatz deutscher Traktorenhersteller (ohne Claas) ging 2015 nochmals weiter zurück (nach 3,5 Mrd. € in 2014) [1; 2].

Der deutsche Traktorenmarkt hatte sich von dem Rekordniveau im Jahre 2013 (36.248 Neuzulassungen) in 2014 auf 34.611 Einheiten abgeschwächt – allerdings auf sehr hohem Niveau, **Tafel 1** (für 2015 noch nicht alle Zahlen verfügbar). Die Neuzulassungen fielen in 2015 nochmals etwas ab auf 32.220 Einheiten (-6,9 %).

Die Marktanteile von John Deere und AGCO (Fendt+MF+Valtra) haben sich wenig verändert, **Tafel 2**. Relativ verbessern konnten sich vor allem Claas, Deutz-Fahr und Kubota. CNH fiel nach einem sehr guten Vorjahr in 2015 etwas ab.

Tafel 1: Traktorengeschäft in Deutschland (Stückzahlen), ohne Geländefahrzeuge [1]

Table 1: Tractor business in Germany (units), without terrain vehicles [1]

Jahr/Year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Produktion/ Production	59236	54590	58623	60732	65507	46432	50865	60551	59213	63599	51349
Neuzulassungen/ Newly registered	22110	23492	29015	28451	31250	29464	28587	35977	36264	36248	34611
Exporte/ Exports	50206	44601	46372	49931	54235	36758	40769	47886	46301	49772	40056
Besitzumschreib./ Changing owner	73954	74715	77211	84601	86719	87175	93084	96.597	95005	99468	102272

Tafel 2: Marktanteile der größeren Anbieter bei den Traktoren-Neuzulassungen in Deutschland in % der Gesamtzulassungen [1].

Table 2: Market shares of the major tractor suppliers in Germany in % of total registrations in units [1].

Jahr/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
John Deere	22,2	21,1	21,2	20,7	19,8	19,8	19,3	19,7	20,9	20,9	21,3	19,4	19,5
Fendt	17,9	17,4	16,8	16,0	17,1	17,2	17,2	16,5	15,9	16,5	17,3	17,1	17,0
Case IH+Steyr	11,7	10,8	8,8	9,1	9,4	10,0	9,6	9,1	8,0	10,1	7,7	10,0	7,7
Deutz-Fahr	9,1	9,7	10,1	10,7	11,5	11,5	10,6	10,8	10,8	10,9	10,5	9,6	10,0
Claas	-	4,5	5,9	5,5	6,8	6,6	7,8	7,3	8,2	6,8	8,0	7,7	8,3
New Holland	7,1	6,1	5,1	6,0	5,6	5,7	5,8	6,7	5,7	6,7	7,0	8,0	7,3
MF	4,5	4,0	4,2	4,4	4,5	4,5	4,0	3,7	4,1	5,0	4,2	4,3	3,8
Same	3,3	2,9	3,0	3,2	2,9	3,2	3,0	2,5	2,3	2,3	1,9	1,8	1,4
Kubota	2,2	3,1	3,0	3,3	3,2	2,8	3,3	4,5	5,2	3,7	5,0	5,0	6,0
Iseki	2,4	2,4	2,9	3,0	2,8	2,5	2,6	3,5	3,1	2,8	2,8	2,5	2,9
Valtra	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,5	1,9	2,1	2,1	2,0	2,4
Merc.-Benz	2,0	1,7	1,9	2,1	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,3	1,4	1,2	1,2

Der globale Landtechnik-Jahresumsatz sank nach VDMA-Schätzungen [2] von 103 Mrd. € (2013) über 101 Mrd. € (2014) auf 91 Mrd. € (2015), davon Traktoren etwa 40 %. Die Rückgänge beruhen teilweise auf global wieder gefallenem Erzeugerpreisen. Langfristig besteht weltweit anhaltender Bedarf an Agrartechnik, und zwar nicht nur für die Produktion von Nahrungsmitteln, Rohstoffen und Energie, sondern in vielen Ländern auch als dringende strategische Notwendigkeit, um Arbeitskräfte für andere Bereiche der Volkswirtschaft frei zu bekommen [3]. Auch wenn sich in China das Wachstum derzeit abschwächt, zeigte die volkswirtschaftliche Entwicklung längere Zeit große Fortschritte, größer als z. B. in Indien [3].

Der Umsatzanteil deutscher Landtechnik-Produktion am EU-Markt beträgt nach [2] 27 %, weltweit 8 %. Nach Zahlen der italienischen FederUnacoma ist die global produzierte Traktorstückzahl (ohne Kleintraktoren) bis 2013 kontinuierlich auf 2,2 Mio. gestiegen [4], in 2014 aber um 3 % gesunken. Indien und China produzieren allein etwa 50 % der Gesamtstückzahl – bei allerdings sehr viel geringerem Wertanteil (mäßige Leistungen, einfache Technik, niedriges Komfort- und Vorschriftenniveau, niedrige Arbeitskosten). Der Markt in Indien brach 2014 ein, China konnte dagegen noch leicht zulegen, ebenso die Türkei [2]. Fachleute erwarten für 2015 insgesamt weitere Rückgänge.

Übersichten, Entwicklungsgrundlagen, Trends, Visionen

Die Welt-Leitmesse "Agritechnica" fand vom 10.-14.11.2015 in Hannover statt - unmittelbar davor die Tagung "Land.technik AgEng 2015" am 6. und 7.11.2015. Letztere kann inzwischen als international bedeutendste Konferenz für agrartechnische und konstruktive Grundlagen sowie praktische Maschinenentwicklungen gelten. Kurz zuvor erschien wieder die traditionelle ATZ-Übersicht über die Gesamtentwicklung Traktoren [5]. Was nach dem Kraftakt der enormen Emissionsreduzierungen zukünftig zu erwarten ist, wurde in [6] skizziert. Die weitere Verringerung der CO₂-Emissionen für ganze Arbeitsprozesse ist ein klares Ziel. Aus Feldversuchen mit verschiedenen Reifen wurde in [7] erneut die Regel bestätigt, dass Triebkraftbeiwerte (Radzugkraft/Radlast) um 0,3 bis 0,4 die besten Wirkungsgrade ermöglichen. Um die Fahrwerksverluste vor allem bei großen, spezifisch leichten Traktoren auf dem Acker zu verringern, werden zunehmend Einzel-Bandlaufwerke angeboten. Diese Lösung benötigt sowohl bei Achsschenkel- als auch bei Knicklenkung im Gegensatz zu vollen Bandlaufwerken kein neues Lenkkonzept und kommt mit geringeren Getriebeanpassungen aus.

Um den Aufwand für praxisnahe Vergleiche des Kraftstoffverbrauchs (etwa mit dem DLG PowerMix) zu verringern, wurden zwei sehr große Rollenprüfstände (für 2 Achsen) fertig gestellt: Einer beim DLG Testzentrum in Groß Umstadt [8] und einer bei Fendt [9].

Zukünftig wird zusätzlich zum Feldverbrauch wahrscheinlich der Straßenverbrauch bei Transporten eine größere Rolle spielen. Nach [10] beträgt er für einen 25 t-Zug und etwa 35 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit für übliche Traktorbereifung um 50 bis 60 l Diesel auf 100 km. Eine komplette Umrüstung auf MPT-Reifen bietet nach [11] Senkungspotenzial.

Die DLG hat den PowerMix um folgenden Transportzyklus ergänzt: 50 % Steigungsfahrt, 40 % Fahrt in der Ebene und 10 % Leerlaufanteil, gezogene Masse proportional zur Nenn-

leistung. Für sehr große Traktoren und Zuglasten ergeben sich z. B. Verbrauchswerte von ca. 80 bis 90 l/100km [12; 13].

Während viele Traktorfirmer in den 1970er Jahren versuchten, wichtige Komponenten wie etwa Getriebe, Treibachsen, Kabinen, oder auch Motoren von Zulieferern in Eigenproduktion zu übernehmen, findet man diese Strategie heute nur bei den ganz großen Unternehmen. Mittlere, kleinere und insbesondere Neueinsteiger vertrauen auf den Zukauf von bewährten Kernkomponenten - insbesondere bei Motoren und Getrieben. Dieser Trend hat z. B. der Firma ZF eine bemerkenswerte Reihe neuer, internationaler Getriebekunden eingebracht. Gleiches gilt für die großen Motorenlieferanten. Die so inzwischen weltweite "Komponenten-Verflechtung" wird in [14] grafisch dargestellt, Vernetzungen zum Gesamtprodukt Traktor wurden im letzten Bericht behandelt [15]. Plattformprinzip, Baukastensysteme und Kooperationen bleiben langfristige strategische Ziele mit vielen erkennbaren Fortschritten. So bietet z. B. CNH neuerdings einen kleinen, einfachen Traktor (Serie DT) aus der Kooperation (Mehrheitsbeteiligung) mit einem türkischen Hersteller an.

Der Trend zu hoch komplexen mechatronischen Systemen unter Einbeziehung der Geräte setzt sich in den Industrieländern fort. Weitere Leistungssteigerungen können die Produktionskosten senken und gleichzeitig in Verbindung mit elektronischen Assistenten [16] und automatisierten Prozessen der „präzisen Landwirtschaft“ [17] auch die spezifischen CO₂-Emissionen senken (etwa je t erzeugten Produktes). Ebenso sinken übrigens die leistungsbezogenen Wartungs- und Reparaturkosten mit steigender Traktorgröße [18].

Die Umfeldüberwachung und -erkennung auf der Basis von 2D-LiDAR Scannern, 3D-Time of Flight Kameras und 3D digitalen Bildverarbeitungssystemen gewinnt an Bedeutung [19]. Fendt und John Deere stellten auf der Agritechnica Kamerasysteme vor, die dem Fahrer das eigene Fahrzeug aus der Vogelperspektive auf dem Traktorterminal zeigen, wobei John Deere dem Fahrer auch die Möglichkeit bietet, sich in eine Perspektive z. B. seitlich des Fahrzeuges zu begeben und das eigene Fahrzeug von dort aus dreidimensional zu betrachten. Deutz Fahr integriert in die Umfeldüberwachung eine automatische Personenerkennung. Die EXPO 2015 in Mailand hatte die zukünftige Welternährung als Leitthema. In einer dort vorgetragenen Vision "Farm der Zukunft" [20] werden für 2050 als Mittelwert mehrerer Schätzungen 9,7 Mrd. Menschen erwartet. Die Studie aus dem Hause CNH sieht neben der Technik und Vernetzung zukünftig bedeutende Schwerpunkte in Kooperation und Ausbildung sowie auch in der Reduzierung der Nahrungsmittelverluste einschließlich der sehr hohen "Wegwerfverluste". Größere Erfolge auf diesem Gebiet könnten helfen, den notwendigen Zuwachs landwirtschaftlicher Produktion bis 2050 auf 50 % zu begrenzen (andere Prognosen sprechen z. B. von 80 %).

Traktorenteknik nach Herstellern

John Deere stellte auf der SIMA 2015 das vollautomatische Kuppelsystem AutoConnect vor. Der Fahrer führt den Traktor bis auf weniger als 10 m in Linie rückwärts an das Gerät, von da an erfolgt die weitere Annäherung automatisch über Kameras. In der richtigen Position hebt der Kraftheber die geräteseitige Interfaceplatte zuerst an und zieht sie dann an sich heran, so dass Zapfwelle, Hydraulikleitungen, Elektrik und ISOBUS ohne weitere Traktorbewegung in einem Zug gekuppelt werden.

Mit einem Zapfwellengenerator „Smart Power Generator“ stellt John Deere eine elektrische Leistung von bis zu 100 kW zur Verfügung, die z.B. für eine elektrische Triebachse genutzt werden kann. Dabei bestimmt das Traktorsteuergerät abhängig vom Lastzustand des Gesamtgespanns die an die Triebachse abgegebene elektrische Leistung. Für die elektronische Parallelführung der Frontlader der 6R Traktoren berücksichtigt John Deere auch die mit einem Gyroskop gemessene Neigung des Traktorrumpfes. Zusätzlichen Weg- und Drucksensoren in Hub- und Kippzylindern ermöglichen eine dynamische Verwiegung des Ladegutes ohne zusätzliche Kalibrierung bei einem Werkzeugwechsel. Die Modelle 6145R und 6155 haben ein Motorölwechselintervall von 750 h. Eine ausgeglichene Achslastverteilung wird mit einem 1,7 t Ballastgewicht unterhalb des Traktorrumpfes erzielt (EZ-Ballast). Die Aufnahme des Ballastes erfolgt über einen Fanghaken mit hydraulischer Hebevorrichtung und mechanischer Verriegelung.

Basierend auf den Signalen des Lastzustandes in der Allradkupplung, des Radschlupfes und der Fahrgeschwindigkeit schaltet John Deere den Allradantrieb automatisch an und ab.



Bild 1: John Deere 9RX mit Einzel-Bandlaufwerken

Figure 1: John Deere 9RX with fours single tracks

Die neuen Knicklenkermodelle 9RX (346 bis 456 kW ISO) haben 4 Bandlaufwerke, wodurch bei großer Aufstandsfläche die Gesamtfahrzeugbreite unterhalb von 3 m bleibt. Die Vorderachse der Radmodelle 9R ist gefedert.

AGCO-Fendt stellte auf der SIMA 2015 den neuen Großtraktor Fendt 1000 (280 bis 369 kW ECE R24) vor, Produktion Ende 2015. [21; 22]. Die niedrige Motornenndrehzahl (1700/min)

sorgt auch für reduzierte Verluste im einstufigen leistungsverzweigten Getriebe, das den hydraulischen Leistungsanteil über den zweiten Hydromotor direkt auf den Vorderachsantrieb abgibt und so die Voreilung der Vorderachse bedarfsgerecht einstellt (Kap. 3.2). Trotz Breitreifen der Dimension 710/70R38 vorne und 900/65 R 46 hinten (Durchmesser ca. 2,30 m) wird die Fahrzeugbreite unterhalb 3 m gehalten. Die integrierte Reifendruckverstellung erlaubt mit dem "GripAssistant" [16] die automatische Anpassung des Reifeninnendrucks an den Lastzustand sowie die Vorgabe der sich daraus ergebenden optimalen Arbeitsgeschwindigkeit. Umgekehrt wird nach Festlegung der angestrebten Arbeitsgeschwindigkeit die optimale Ballastierung abhängig von Bodenzustand und Gerät vorgegeben.



Bild 2: Fendt 1000 Vario

Figure 2: Fendt 1000 Vario

Aus dem Hause Fendt referierte man in [21] zur Entwicklung der 1000er Reihe und in [22] zu deren neuem Vario-Fahrertrieb mit geregelterm Allradantrieb (siehe auch Kapitel 3.2).

In der Baureihe 900 wird ein erweitertes System zur Reifeninnendruckanpassung (Vario-Grip pro) angeboten, bei dem ein zweiter Hochdruckreifen im Inneren des Reifens als Druckreservoir für den schnellen Füllvorgang (Druckausgleich) dient. Unabhängig von der Motordrehzahl wird in 30 s der Reifeninnendruck von 0,8 auf 1,8 bar erhöht. Die Übertragung von Schaltenergie und -signal erfolgt berührungslos über Induktion.

DEUTZ-FAHR führte zur Agrartechnica die neue Baureihe 9 TTV (204/218/232 kW ISO) mit ZF-TMT32 Stufenlosgetriebe, 60 km/h als Option mit trockenen Scheibenbremsen und 50 km/h bei Motordrehzahl 1480/min in den Markt ein. Der Schmalspurtraktor Agropus S (60 bis 78 kW EG 97/68) hat eine Vorderachse mit Einzelradaufhängung, automatischer Wankstabilisierung, Anti-Dive-Einrichtung und 100%iger Differenzialsperre.

CaselH präsentierte die neue Baureihe Optum (weitgehend baugleich mit NH T7 Heavy Duty und Steyr Terrus CVT) mit 199 bzw. 221 kW ISO). Zur Verlustminimierung speist eine Verstellpumpe den Hydraulikkreislauf und die Servohydraulik mit Niederdruck (70 l für externe Verbraucher entnehmbar). Ähnlich wie im PKW gibt es eine Reifeninnendruckanzeige über Ventilsensoren mit Warnfunktion auch für Anhänger. Die Frontzapfwellengeschwindigkeit (1000/1000E) lässt sich vom Fahrerplatz aus einstellen. Die im letzten Bericht angesprochenen Magnum Rowtrac-Modelle mit Bandlaufwerken (bzw. T8 SmartTrac von New Holland) haben gegenüber der Radversion eine verstärkte Hinterachse (erhöhte Belastung durch Bandlaufwerke) und eine an das kleinere Triebrad angepasster Endübersetzung.

Claas erweiterte die Baureihe AXION 800 durch das Modell Axion 870 mit 195 kW ISO. Von dem 2013 vorgestellten eigenen Stufenlosgetriebe EQ200 wurden bisher 2000 Einheiten produziert.

AGCO-Massey Ferguson behält in der TIER 4 final Version der Baureihe 5700 SL (74 bis 96 kW ISO) ein Modell mit abgesenkter Motorhaube. Die Kabinen der Modellreihe 7700 werden mechanisch gefedert, jedoch wird die Dämpfung anhand des Signals dreier Beschleunigungssensoren und eines Gyroskops elektronisch anpasst (semiaktives CDC-System von ZF).

AGCO Valtra zeigte zur AGRITECHNICA erstmals die Reihe N4 (85-136 kW ISO), die komplett neu entwickelt wurde. Die kompakten Traktoren haben 4,4 bzw. 4,9 l-Vierzylinder-Motoren von AgcoPower. Das Topmodell N174 erreicht eine geboostete Maximalleistung von 136 kW (Mmax 730 Nm) und ist damit laut Valtra der stärkste Vierzylinder-Traktor der Welt.

Kubota startete im September die Produktion der Modellreihe M7001 (96 bis 125 kW ISO) im nordfranzösischen Dunkerque mit 4-stufiger Lastschaltung oder Stufenlosgetriebe von ZF. Auf der Agritechnica wurde ein leistungsverzweigtes Getriebe mit 3 Fahrbereichen der Leistungsklasse von 22 bis 44 kW gezeigt.

Argo (McCormick) zeigte zur Agritechnica die Serie X8 (194/210/228 kW ISO) mit Motoren von FTP und ZF TMT 32 Stufenlosgetriebe.

ArmaTrac aus der Türkei stellt auf der Agritechnica Traktoren der Abgasstufe 3a/3b in der Leistungsklasse bis 81 kW vor, teils mit Motoren von Deutz und Getrieben von ZF.

Neben anderen asiatischen Traktorherstellern sind jetzt verstärkt auch chinesische Unternehmen auf dem europäischen Markt präsent. Die Firma Foton Lovol ist mit einem Produktionsvolumen von jährlich ca. 100.000 Einheiten Marktführer in China, hat den italienischen Traktorhersteller Goldoni übernommen und präsentierte auf der Agritechnica die Serie 5000 (75 bis 100 kW max. ISO) unter dem Markennamen Arbos. Das einfache 2x5-Gang Getriebe (Kriechganggruppe optional) kann durch eine 2- oder 3-stufige Lastschaltung erweitert werden. Größere Modelle wurden als Prototypen gezeigt.

Besondere Bauarten

JCB führte die neue Baureihe 4000 (119/141/162 kW ISO) mit Motor und Getriebe von AGCO in den Markt ein. Der an Vorder- und Hinterachse gefederte und gelenkte Systemtraktor hat 4 gleich große Räder, 60 km/h bei 1600/min.

Beim Pm Trac 2380 4f von Pflanzelt (113 u. 174 kW ISO) ist die Kabine gegenüber einem Standardtraktor weiter nach vorne angeordnet, wodurch sich ein Aufbauraum z.B. für einen Forstkran ergibt. Die multifunktionale Nutzung in der Landwirtschaft bleibt bei dem für den Forsteinsatz optimierten Fahrzeug erhalten.

Ein niederländisches Konsortium stellte mit dem Prototyp "Multi Tool Trac" einen weiteren Traktor mit Diesel-elektrischem Antrieb (und 30 kWh-Batterie) vor [23] - mit STW-Einheiten ohne schaltbare mechanische Zusatzstufen. Der Mehrpreis gegenüber dem Marktniveau soll sich u. a. durch neue Funktionalitäten und geringere Kraftstoffverbräuche amortisieren. Ob das wirklich realistisch ist, muss sich noch zeigen.

Traktor und Gerät

Die weitere Entwicklung drückt sich in drei Schwerpunkten aus:

- Reduzierung der CO₂-Emissionen für ganze Prozesse
- Alternative Antriebe, insbesondere elektrisch
- Automatisierung und Kommunikation.

Für einen Liter Dieselmotorkraftstoff wurde in [24] ein CO₂-Äquivalent von etwa 2,7 kg gemessen. Praktische CO₂-Emissionen sollten am besten auf den gesamten Arbeitsprozess bezogen werden, zum Beispiel auf ein ha bearbeitete Fläche oder 1 t Erntemenge [25].

Ob es Sinn macht, Traktorgeräte über ein hydraulisches Konstantdruck-Bordsystem zu versorgen, das es ja schon einmal in großen Stückzahlen bei John Deere gegeben hat, wurde in [26] umfassend für einen Schleuderstreuer untersucht. Energieeinsparungen scheitern danach daran, dass kleine Hydro-Verstellmotoren derzeit zu hohe Verluste aufweisen.

Weiter geforscht wird auch am Potenzial von Elektroantrieben, insbesondere unter Einbeziehung der Geräte. Nach [27] werden vor allem die Mehrkosten als Hindernis gesehen.

Um diese zu reduzieren, sollten nach [28] die Potenziale sehr hoher Drehzahlen genutzt werden, z. B. bei Verwendung mehrerer Planetenstufen. Ebenso bietet sich die kurzzeitige Nutzung der bei einigen Bauarten interessanten Überlastbarkeit an. Zum dabei wichtigen dynamischen Temperaturverhalten wird in [29] ein Modell vorgestellt.

Mit einem 100 kW-Frontzapfwellengenerator stellt John Deere elektrische Energie für die elektrischen Triebachsen des Fliegl „sDrive“ zur Verfügung [30]. Das Leistungsmanagement ist komplett im Traktor implementiert und ermöglicht schlupfbasierte Fahrstrategien, die auch instabile Fahrsituationen aufgrund einer schiebenden Triebachse ausschließen. Die Kommunikation erfolgt über den ISOBUS. Terramechanisch ist die Überwindung von Rollwider-

stand durch einen Rad- oder Achsantrieb energetisch wesentlich günstiger als über die Zugkraft des Traktors [31].

Um den wachsenden Anforderungen von Seiten der Geräte- und Traktorhersteller zu entsprechen, versucht die inzwischen gut etablierte AEF, den ISOBUS weiter zu entwickeln [32]. Parallel existieren proprietäre Systeme für Traktor und Gerät.

Die Firma Zuidberg steuert den Frontkraftheber mit Frontzapfwelle über eine App, die auf Smartphones oder Tablets mit dem Betriebssystem Android installiert werden kann.

Aus dem Hause Claas wurde die interessante Entwicklung eines mit der Traktorhinterachse integrierten Sensors für Radlast, Zugkraft und Drehmoment vorgelegt [33].

Zur Frage des Bodendrucks wurde in [34] mit dem Programm Terranimo® eine neue, sehr umfassende Abschätzungsmethode vorgelegt, die auf den klassischen Grundlagen der Bodenmechanik aufbaut und erneut den Nutzen verringerter Luftdrücke für die oberen Bodenschichten aufzeigt.

Zusammenfassung

Der Umsatz Traktoren ging 2015 weltweit und ebenso in Deutschland zurück. Die Neuentwicklungen zur Erfüllung der Emissionsstufen EU IV bzw. U.S. Tier 4 sind weitgehend abgeschlossen. Auf der Agritechnica 2015 verschoben sich die erkennbaren Schwerpunkte etwas in folgende Richtungen: CO₂-Reduktion ganzer Prozesse, verbesserte Fahrwerke (z. T. Einzelbandlaufwerke), gezieltere Ballastierungen (teilweise mit elektronischen "Assistenten"), weitere Getriebeneuheiten (erstmalig auch mit geregelter Allradantrieb), Vordringen elektrischer Geräteantriebe, verbesserte Elektronik-Handhabung und Kabinenausstattung sowie weitere Fortschritte des "Tractor-Implement-Management (TIM)" über den ISOBUS. Gleichzeitig nimmt die Kommunikation über Smartphones stetig zu. Der Trend zu globalen Firmenkooperationen und Produktionssystemen setzte sich fort.

Literatur

- [1] -,-: Statistische Unterlagen des VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/M: VDMA, Januar 2016.
- [2] Wiesendorfer, G., et al.: Wirtschaftsbericht VDMA Landtechnik 2015. Frankfurt/M.: VDMA 2015.
- [3] Renius, K. Th.: Agricultural Mechanization - its Role in the Development of Civilization. Key Note. Club of Bologna Open meeting "Farm Machinery to Feed the World". Mailand: EXPO 21.09. 2015. URL <http://www.clubofbologna.org/documents.php>.
- [4] (FederUnacoma): Tractors: slight decrease in sales on the world market. Mondo Macchina 24 (2015) H. 1-2, S. 10-11.
- [5] Knechtges, H. und Renius, K. Th.: Traktoren 2014/2015 (Tractors 2014/2014). Zweisprachig, biligual. ATZoffhighway 7 (2015), H. 3, S. 12-23.
- [6] Renius, K. Th.: Traktorenentwicklung: Wo geht die Reise hin? Vortrag und Pressegespräch 24.06.2015 DLG Testzentrum Groß Umstadt. Bericht in: Rheinische Bauernzeitung 69 (2015) Heft 43, S. 14-15.
- [7] Fancello, G. et al.: Agricultural Tyre Energy Efficiency test method link with specific fuel consumption for measuring the efficiency of agricultural tyres under real conditions on tractors. Tagung LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 203-209.
- [8] Ai, A. und Tauber, H.-J.: DLG PowerMix Chassis Dynamometer - the field on a test bench. Concept phase and implementation. Tagung LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 1-12.
- [9] Rückert, B. et al.: Advanced test stand for complete vehicle analysis to "bring the road and field into the laboratory". Tagung LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 13-19.
- [10] Uppenkamp, N. und Berning, F.: Die Transporter. Top Agrar 44 (2015) H. 12, S. 78-79.
- [11] Mederle, M.: Optimierungspotenzial eines Standardtraktors im Straßentransport. Landtechnik 70 (2105), H. 5, S. 194-202.
- [12] -,-: DLG Prüfberichte. URL <http://www.dlg.org/fendt.html> - Aktualisierungsdatum: 11.02.2016.
- [13] -,-: DLG Prüfberichte. URL <http://www.dlg.org/johndeere.html> - Aktualisierungsdatum: 11.02.2016.
- [14] Höner, G.: Wer mit wem. top agrar 44 (2015) H. 9, S. 110-111.
- [15] Knechtges, H. und Renius, K. Th.: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrb. Agrart. 2014. Braunschweig: IMN Inst. f. mobile Maschinen u. Nutzfahrz. 2015. S. 1-13.
- [16] Pichelmaier B. und Buchner, T.: A fully integrated Traction Assistance System. Tagung LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 211-217.

- [17] Tacke, M.: Plug-and-Perform - Nutzerfreundliche integrierbare Telematik-Plattform steigert Effizienz. Mobile Maschinen 8 (2015) H.3, S. 30-31.
 - [18] (KTBL): Traktorkosten aus KTBL Datenbank, Status 2013.
 - [19] Harms, H., Schattenberg, J. und Frerichs, L.: Robotic Tools for advanced agricultural Automation. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 119-125.
 - [20] Gavioli, G.: Farm of the future. Key Note Club of Bologna Open Meeting "Farm Machinery to Feed the World". Mailand: EXPO 21.09.2015. URL www.clubofbologna.org.
 - [21] Heisler, R.: New innovative standard tractor concept up to 500 hp. Demands - technical solutions - challenges. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 251-255.
 - [22] Graf, M.; Brenninger, M. und Heindl, R.: CVDT - The next Level in Tractor Transmission Technology. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 39-44.
 - [23] Schrägle, D.: Das Multi Tool auf vier Rädern. Elektrisch angetriebener Schlepper für die nachhaltige Landwirtschaft. Mobile Maschinen 8 (2015) H.6, S. 26-28.
 - [24] Clare, D. A. et al.: Real world measurement of carbon dioxide emissions of an agricultural tractor using a portable emissions measurement system. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 21-27.
 - [25] Merkisz, J. et al.: The Use of PMS Equipment for the Assessment of Farm Fieldwork Energy Consumption. Applied Engng. in Agric. 31 (2015) H. 6, S. 875-879.
 - [26] Dreher, T.: Energieeffizienz von Konstantdrucksystemen mit sekundärgeregelten Antrieben beim Einsatz in mobilen Arbeitsmaschinen. Diss. KIT Karlsruhe. Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Nr. 35: Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2015.
 - [27] Hammar, A. und Junge, A. L.: Prospects on electrification and hybridisation of agricultural machinery: application to tractors. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S.243-250.
 - [28] Schröter, J. et al.: High Speed Electrical Single Wheel Drives for Mobile Machinery. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 71-76.
 - [29] Pohland, C. und Geimer, M.: Thermische Modelle elektrischer Antriebsmaschinen unter dynamischen Lastanforderungen. Landtechnik70 (2015) H. 4, S. 97-112.
 - [30] Gugel, R. and Böhm, B.: Electrification as Enabler for New Tractor-Implement Solutions. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 65- 70.
 - [31] Renius, K. Th.: Vorlesung Traktoren und Erdbaumaschinen, TU München, WS 2015/16.
 - [32] Schlingmann, N. und Wölker, J.-H.: AEF ISOBUS Database - Experience and features for future challenges. Tagung LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 83-87.
-

- [33] Wiekhorst, J. et al.: A Tractive Sensor. Tagung LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 219-225.
- [34] Stettler, M.: Terranimo - ein webbasiertes Modell zur Abschätzung des Bodenverdichtungsrisikos. Landtechnik 69 (2014) H.3, S.132-136.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Knechtges, Hermann; Renius, Karl Theodor: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055108>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/234.html>

Motoren und Getriebe bei Traktoren

Marcus Geimer, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie
Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München
Roger Stirnimann, Berner Fachhochschule, Bern

Kurzfassung

Die Effizienzsteigerung und CO₂-Reduktion sind nach wie vor Ziele der Traktorentwicklung. Konzeptvergleiche auf Basis des "DLG PowerMix" zeigten unter anderem, dass die Antriebsstränge trotz strengerer Emissionsgrenzwerte immer effizienter werden. Die Abgasemissionen von Traktoren sind aktuell mindestens so niedrig wie die von Pkws. Für eine zukünftige Stufe V müssen voraussichtlich alle Dieselmotoren Partikelfilter haben.

Zwei Getriebe werden beschrieben: Eines von Same Deutz-Fahr mit 12 Lastschaltstufen und das neue Fendt "VarioDrive" mit hydraulischer (sperrbarer) Längsdifferentialwirkung. An elektrischen Fahrtrieben wird weiter geforscht. Die innere Leistungsverzweigung bei CVTs kommt durch eine Serienanwendung und eine breite Grundlagenarbeit wieder ins Gespräch.

Schlüsselwörter

Dieselmotor, Emissionen, Effizienz, Lastschaltung, CVT, elektrische Fahrtriebe

Tractor Engines and Transmission

Marcus Geimer, Chair of Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology
Karl Theodor Renius, Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich
Roger Stirnimann, Bern University of Applied Sciences, Bern

Abstract

Both, the improvement of fuel economy and the reduction of CO₂ remain central objectives of tractor development. Tractor tests by DLG PowerMix demonstrate that the power trains are still improved in efficiency in spite of stronger emission regulations. They are meanwhile at least as strong as those of EU passenger cars. A future stage V for tractors will probably require a general introduction of particle filters.

Two transmissions are described: A first of Same Deutz-Fahr with 12 power shifted speeds and a second the new Fendt "VarioDrive" with hydrostatically working (lockable) differential between the axles. Research is going on for electric tractor drives. CVTs with internal power split are discussed again due to a series production and a broad basic research work.

Keywords

Tractor, Diesel engine, emissions, transmission, power shift, CVT, electric drives

Übersichten Antriebsstrang und Zapfwelle

Es bestehen nach wie vor Bestrebungen, die spezifischen CO₂-Emissionen weiter zu senken. Die Effizienz des Traktor-Antriebsstrangs wird vor allem durch Motor, Getriebe (mit Achsen) und Nebenverbraucher bestimmt. Das Effizienzniveau bei Motoren und Nebenverbrauchern ist von Konzept zu Konzept wenig unterschiedlich. Anders ist es bei den Getrieben: Die inzwischen verbreiteten stufenlosen Konzepte mit Leistungsverzweigung dürften gegenüber sehr guten Lastschaltgetrieben im Trend etwas geringere Wirkungsgrade aufweisen. Die Frage ist, wie weit die Stufenlosigkeit (mit ihrem vielleicht auch geringeren Verstellaufwand) diese Nachteile beim Antriebsstrang-Management ausgleichen kann. Dazu wurden in [1] die bisherigen Ergebnisse des „DLG PowerMix“ herangezogen, eines neutralen Prüfverfahrens der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, das den praktischen Feldeinsatz mit Geräten simuliert und energetisch bewertet. Die Ergebnisse sind in Kurzform:

- Die Antriebsstränge werden immer effizienter.
- Die Energie-Effizienz von Traktoren steigt mit dem Leistungsniveau, große Maschinen sind spezifisch etwas sparsamer als kleine.
- Traktoren mit stufenlosen Fahrtrieben schneiden mindestens so gut ab wie solche mit teilweise oder ganz unter Last schaltbaren Stufengetrieben.

Diese Ergebnisse sind nicht selbstverständlich. Sie bestätigen die Erfolge der Traktorindustrie, die CO₂-Emissionen tatsächlich zu senken. Und das trotz immer strengerer Auflagen für die Abgasreinigung, trotz stetig weiter steigendem Produktivitätsdruck und trotz anhaltender Tendenz zu erhöhtem Fahrkomfort.

Die niederländische Firma Zuidberg präsentierte zusammen mit dem kanadischen Entwicklungspartner CVT Corp auf der Agritechnica 2015 eine Studie eines stufenlosen Frontzapfwellengetriebes auf Voll-Toroid-Basis. Das Konzept soll zu einer kompakteren Einheit weiterentwickelt werden. In den Firmenunterlagen von CVT Corp werden Voll-Toroid-Einheiten auch als mögliche Fahrgetriebe für Traktoren bis 90 kW dargestellt [2]. Carraro schlug in Kooperation mit Torotrak vor wenigen Jahren eine vergleichbare Richtung ein, das Projekt wird derzeit aber nicht weiterverfolgt.

Dieselmotoren

Die Stufe IV der europäischen Abgasgesetzgebung für Off-road Maschinen wurde zwischenzeitlich eingeführt. Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Varianten zur Erreichung der Grenzwerte am Markt anzutreffen: Zum einen können die Grenzwerte mit einem SCR-System (selective catalytic reduction), vgl. z. B. Liebherr [3], und ggf. einer zusätzlichen Abgasrückführung (AGR), vgl. z. B. MAN [4], eingehalten werden. Zum anderen werden Motoren mit SCR- und AGR-System und zusätzlichem Dieseloxydationskatalysator (DOC), z. B. [5], und evtl. Dieselpartikelfilter (DPF) eingesetzt [5; 6; 7].

In [8] wird versucht, die Emissionen von Pkw mit denen von Land- und Baumaschinen zu vergleichen. Leserbriefe, z. B. [9], und eine Veröffentlichung [10] zeigen, dass ein unmittelba-

rer Vergleich nicht möglich ist, vgl. hierzu auch **Tabelle 1**. Umrechnungen zeigen jedoch, dass die Abgasgesetzgebung der Land- und Baumaschinen im üblichen Betrieb eher noch strenger ist als die von Pkw. In Bezug auf die Partikelmasse haben hingegen Lkw die strengsten Grenzwerte [11]. Praktische Messungen von CO₂-Emissionen an Traktoren im Einsatz zeigen Konversionsfaktoren um 2,7 kg CO₂ je Liter Dieselmotorkraftstoff [12].

Grundlage	Stufe	Fahrzeug	NOx	Partikel	Bemerkung
91/441/EWG	Euro 6	Pkw	80 mg/km	4,5 mg/km	-
582/2011/EG	Euro 6	Lkw	0,4 g/kWh	0,010 g/kWh	PN: $8 \cdot 10^{11}$ /kWh
97/68/EG	Stufe IV	Maschine	0,4 g/kWh	0,025 g/kWh	entspricht Tier IV final

Tabelle 1: Aktuell gültige Abgasemissionswerte bei Neufahrzeugen

Table 1: Today's valid exhaust emission values for new vehicles

Grenzwerte für die neue Abgasstufe V wurden veröffentlicht und werden derzeit in der EU beraten. Zwischen 19 und 560 kW Motorleistung wird zukünftig nicht nur die Partikelmasse, sondern auch die Partikelanzahl begrenzt. Motoren oberhalb von 560 kW Leistung werden in die Emissionsgrenzwerte einbezogen [13]. Geplant ist ein Inkrafttreten in 2016, so dass neue Werte für Maschinen voraussichtlich ab dem 1.1.2019 bindend sind. Insbesondere Hersteller, die in ihren Motoren DOC und DPF einsetzen, werben bereits heute damit, dass sie für die Stufe V "ready" sind [6; 14]. Eine Übersicht über mögliche Abgasnachbehandlungssysteme für Stufe V ist in [15] zu finden.

Im Fokus der Forschung stehen nach wie vor Methoden und Werkzeuge zur Reduktion von CO₂-Emissionen. [16] zeigt, dass die Emissionen stark von der Prozessführung abhängen. Das KIM-Tool zur Bewertung der Nachhaltigkeit [17] kann auch im Bereich der Landtechnik eingesetzt werden. Über erste Erfahrungen wird in [18] berichtet.

Ein Punktmotor bietet nach [19] in Kombination mit einem Hybrid Potenziale zur Kraftstoffeinsparung und Vereinfachung von Komponenten.

Methan kann nachhaltig erzeugt werden, z. B. in Biogasanlagen oder synthetisch [20]. Vor diesem Hintergrund nimmt das Interesse an methanbetriebenen Fahrzeugen zu. Auf der Expo in Mailand wurde ein methanbetriebener Traktor von New Holland vorgestellt [21].

Gestufte Fahrtriebe

Die gestuften Fahrtriebe werden stetig weiterentwickelt. So hat z. B. ZF angekündigt, seine Terrapower-Getriebe ab 2016 statt mit 4 zukünftig auch mit 6 Lastschaltstufen zu produzieren. Einzelheiten sind noch nicht bekannt.

Same Deutz-Fahr führte bereits 2012 bei den Iron3-Modellen ein neues Power-Shift-Getriebe mit 12 lastschaltbaren Gängen in 2 synchronisierten Gruppen ein. Mit einer optionalen Kriechganggruppe (0,66 bis 2,7 km/h) kann die Ganganzahl von 24V/24R auf insgesamt 33V/33R erweitert werden. Seit 2014 kommt dieses Getriebe in den Nachfolge-Modellen Same Audax ST 200 und 220 (147/162 kW) sowie den Schwester-Modellen von Deutz-Fahr,

Serie 7 ST zum Einsatz, **Bild 1**. Die maximalen Fahrgeschwindigkeiten von 40 oder 50 km/h werden mit reduzierten Motordrehzahlen erreicht.

Bei diesem Getriebe handelt es sich um eine Weiterentwicklung der 1990 vorgestellten 27V/27R-Version mit 9 Lastschaltstufen und 3 Gruppen inklusive Kriechgang [22]. Die bisherige 3x3-Struktur des Lastschaltteils wurde auf 3x4 erweitert. Die Lastschaltgänge 2 und 4 werden über eine neue Synchronschaltstelle vorgewählt und eine gemeinsame Lamellenkupplung (K2) geschaltet. Dadurch konnte auf eine zusätzliche Kupplung verzichtet werden.

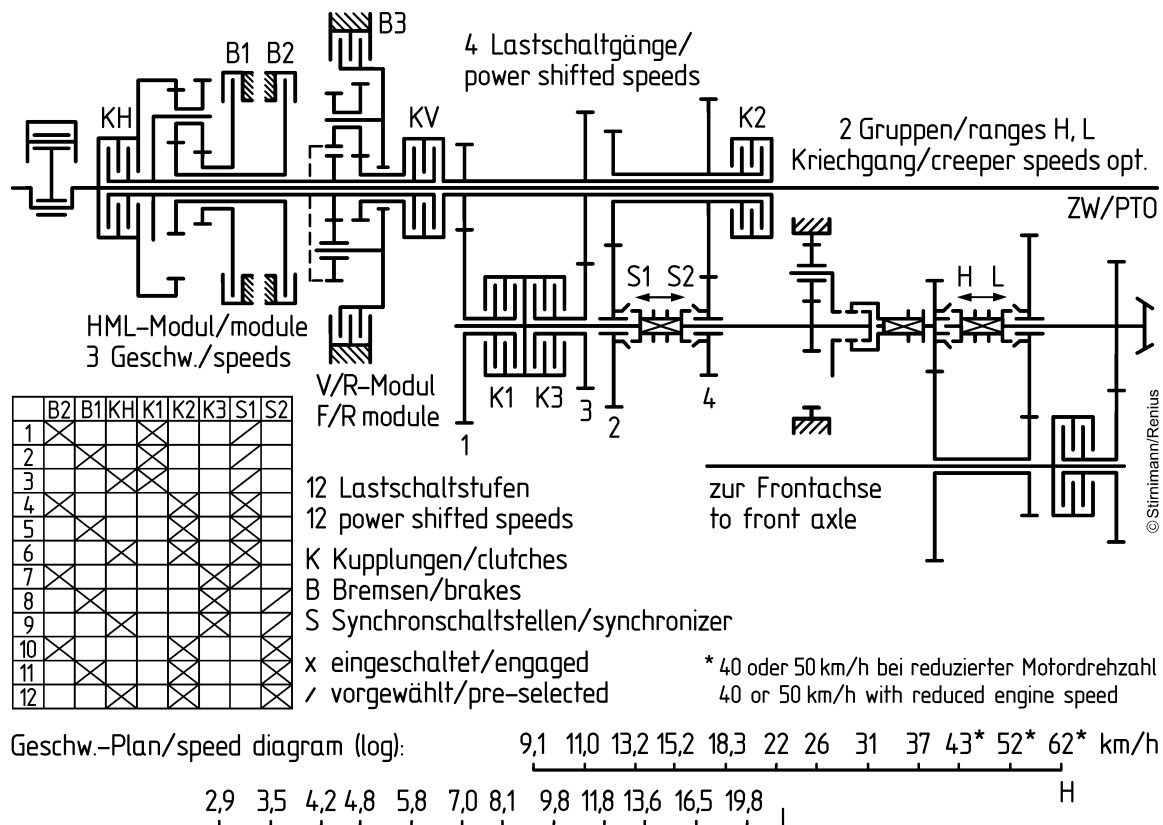


Bild 1: Weiterentwickeltes 24/24-Getriebe mit 12 unter Last schaltbaren Stufen für max. 50 km/h von Same Deutz-Fahr, ab 2012 bei den Iron3-Modellen, 2014 in den Nachfolgern Audax ST (147/162 kW).
Figure 1: Enhanced 24/24 transmission with 12 power shifted speeds and 50 km/h top speed of Same Deutz-Fahr, from 2012 for series Iron3 and 2014 for the followers Audax ST (147/162 kW).

Die Synchron-Reversierung wurde durch eine lastschaltbare Einheit mit Planetengetriebe ersetzt, welche zwischen HML-Lastschaltmodul und mittlerem Getriebeteil angeordnet ist. Bei Vorwärtsfahrt ist die Lamellenkupplung KV geschlossen und das Planetengetriebe läuft verblockt um (1:1). Für Rückwärtsfahrt wird hingegen der Steg mittels Lamellenbremse B3 mit dem Getriebegehäuse verbunden und der Planetensatz arbeitet als Standgetriebe: Antrieb über das linke Sonnenrad, Drehrichtungsumkehr durch das Einzelplanetenrad am Steg.

Carraro kündigte Ende 2015 eine Erweiterung seines Getriebebaukastens mit einer 8-fach-Lastschaltversion für den Leistungsbereich von 59 bis 132 kW an [23]. Die 8 Lastschaltstufen im vorderen Getriebeteil werden nach dem Doppelkupplungsprinzip mit nur 2 Lamellenkupp-

lungen realisiert, im Gegensatz zum DirectDrive-Getriebe von John Deere mit nur zwei Wellenstichen und weniger Zahnrädern. Nachgeordnet wird eine lastschaltbare Reversiereinheit, bei der die V/R-Lamellenkupplungen auch als Anfahrlemente benutzt werden. Durch weitere 4 synchronisierte Gruppenstufen stehen insgesamt 32V/32R-Gänge zur Verfügung. Eine Serienproduktion ist noch nicht bekannt.

Hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe

Das neue stufenlose Fendt-Getriebe „VarioDrive“ (Serie Ende 2015 im Fendt 1000) baut auf der Grundstruktur des ersten Vario auf, **Bild 2**. Die Leistungsverzweigung erfolgt nach wie vor durch ein Planetengetriebe mit Antrieb der Pumpe P durch das Hohlrads. Die Hydromotoren M1 und M2 sind wie bisher parallel geschaltet. Bei geöffneter Kupplung K1 arbeitet der Antrieb der Achsen jetzt aber mit hydraulischer Längsdifferenzialwirkung. Der Hydromotor M2 treibt dabei über K2 nur die Frontachse an, während M1 und der mechanische Leistungsanteil sich auf der Kegelritzelwelle der Hinterachse vereinigen. Die Längsdifferenzialwirkung kann durch Schließen der Kupplung K1 aufgehoben werden. Dann herrscht feste Drehzahlkopplung der Treibachsen, zum Beispiel günstig bei schwerem Zug geradeaus auf dem Acker – aber ungünstig für Kurvenfahrt und Straßenbetrieb. Deshalb war es bei bisherigen Konzepten üblich, den Allradantrieb hier automatisch abzuschalten.

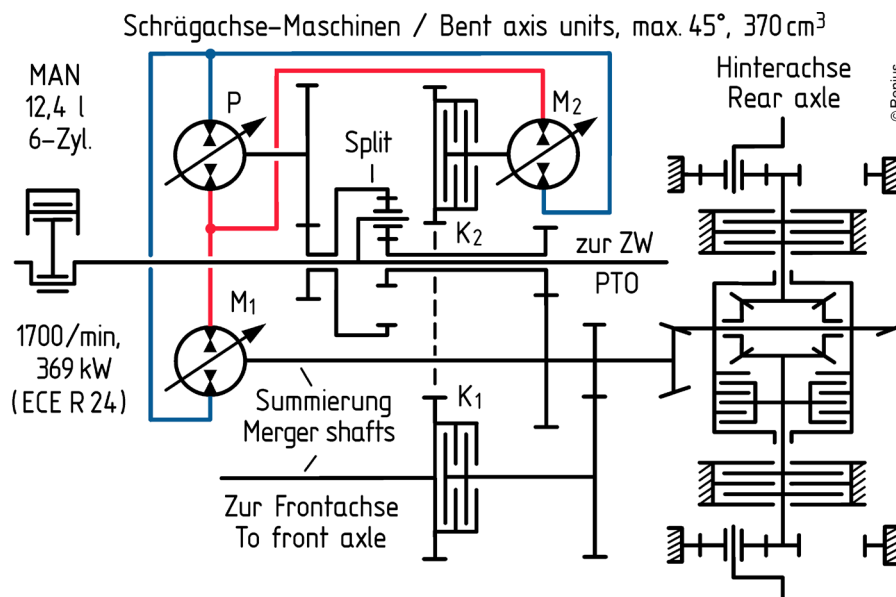


Bild 2: AGCO-Fendt VarioDrive in der neuen Traktorenbaureihe 1000 (max. 369 Nenn-kW ECE R 24, max. 60 km/h. Serie Ende 2015)

Figure 2: AGCO-Fendt VarioDrive of the new tractor series 1000 (max. 369 nominal-kW ECE R 24, max. 60 km/h. Series production beginning late 2015)

Wissenschaftliche Anstöße zur Behebung dieser Einschränkungen waren 1996 und 2002 seitens der TU München [24; 25] vorgelegt worden. Das neue Getriebe VarioDrive [26] erlaubt nun bei geöffneter Kupplung K1 auf der Straße einen verspannungsfreien Allradantrieb sowie auf dem Acker bei Kurvenfahrt eine ziehende Frontachse („pull in turn“) mit bis zu 10 % kleineren Wendekreisen (Werksangabe).

Den Gesamtwirkungsgrad verringert der rein hydrostatische Frontachs Antrieb bei offener Kupplung K1 zumindest theoretisch nicht – entscheidend sind vor allem die Leistungsaufteilung am Planetengetriebe, die Fahrgeschwindigkeit und die Güte der Hydroeinheiten. Letztere dürfte eher noch leicht besser sein als bisher, weil die Einheiten bei gleichem Bauprinzip größer sind und langsamer laufen (Werksangaben). Die Kupplung K1 dient nicht nur als Vollsperre, sondern bei Bedarf auch als gesteuerte Teilsperre. Zur Energieeinsparung bei schnellem Straßenbetrieb wird der Hydromotor M2 ab etwa 25 km/h auf null geschwenkt und abgekoppelt. Scherverluste können dann an K2 auftreten – insgesamt dürften Schleppverluste aber angesichts des einfachen Gesamtaufbaus vergleichsweise klein ausfallen.

Stufenlose sonstige und hybride Systeme

In [27] wird ein Traktor mit seriellem elektrischen Hybrid vorgestellt. Der Generator verfügt über eine Leistung von 90 / 120 kW (Dauer / Spitze) und Schnittstellen für elektrisch betriebene Verbraucher am Anbaugerät. Es können die Funktionen Boosten/Rekuperieren, Start/Stop und elektrischer Betrieb der Anbaugeräte realisiert werden.

Elektromotoren können über hohe Drehzahlen bessere Leistungsdichten erreichen - dazu wurde mit [28] eine Studie für einen elektrischen Traktorfrontantrieb mit einer Volllastspitzleistung von 7 (ohne Frontladen) vorgelegt und eine interessante Leistungsdichte erreicht.

Ein niederländisches Konsortium stellte mit dem Prototyp "Multi Tool Trac" einen weiteren Traktor mit diesel-elektrischem Antrieb und 30 kWh-Batterie in [29] vor - mit STW-Einheiten ohne schaltbare mechanische Zusatzstufen. Der Mehrpreis gegenüber dem Marktniveau soll sich u. a. durch neue Funktionalitäten und geringere Kraftstoffverbräuche amortisieren. Ob das wirklich realistisch ist, muss sich noch zeigen.

Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen

[30] zeigt den simulationsgestützten Vergleich unterschiedlicher Regelkonzepte von Stufenlosgetrieben (CVT) in Traktoren. Durch eine Anpassung der Regelstrategie wurde in einem DLG-Power-Mix-Zyklus eine Effizienzsteigerung von bis zu 8 % nachgewiesen.

Die mechanisch-hydrostatische innere Leistungsverzweigung, erstmals 1907 von Renault für ein Fahrzeug vorgeschlagen [31], kommt im Gegensatz zur äußeren Leistungsverzweigung ohne Planetengetriebe aus, der mechanische Anteil wird über mitdrehende Gehäuse übertragen. Einführungsversuche in den 1960er Jahren waren damals bei Traktoren nicht erfolgreich. Seit einigen Jahren baut nun die Japanische Firma Yanmar ein solches Getriebe in Traktoren ein [32]. Man arbeitet mit modifizierten Schrägscheiben-Axialkolbeneinheiten und nennt das Getriebe I-HMT (Integrated Hydraulic Mechanical Transmission, siehe Internet).

Unabhängig davon wurden die Grundlagen der inneren Leistungsverzweigung sowie bisherige Ausführungen in [33] ordnend aufgearbeitet und interessante neue Ansätze der Simulation entwickelt. Ähnlich wie bei der äußeren Leistungsverzweigung kann man in „Eingangskopplung“ und „Ausgangskopplung“ unterscheiden. Letztere wird in **Bild 3** gezeigt.

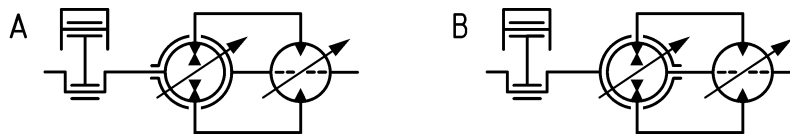


Bild 3: Innere Leistungsverzweigung mit Sekundärkopplung, Pumpe als „Differenzial“ [33].

A: Antrieb herkömmlich, mechanischer Pumpenausgang vom Gehäuse ausgehend;

B: Pumpenantrieb am Gehäuse, mechanischer Pumpenausgang von innen ausgehend

Figure 3: Output coupled internal power split, pump working as a differential [33].

A: conventional input, mechanical output from pump case;

B: input at the pump case, output from internal rotation

In beiden Fällen arbeitet die Pumpe als „Differenzial“, d. h. sie hat einen mechanischen und einen hydrostatischen Ausgang. Konzept A wurde in [33] in Zusammenarbeit mit der Bosch Rexroth AG praktisch ausgeführt. Die Einheit auf der Basis „Schrägscheibenmaschine“ fiel kompakt aus und funktioniert, erfordert allerdings einen gewissen konstruktiven Aufwand für die Drehdurchführungen und die Steuerung. Dafür ermöglicht sie auch aufgelöste Bauweisen mit flexibler Einbindung von einem oder mehreren Ölmotoren.

Zapfwellen-Lastkollektive für Fräsen und Ballenpressen wurden in [34] mitgeteilt - leider nach dem Rainflow-Verfahren ausgewertet, das für Zahnräder und Wälzlager ungeeignet ist.

Ein Grundlagenbuch der Mechatronik erschien in der 3. Auflage [35].

Zusammenfassung

Die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und eine damit einhergehende CO₂-Reduktion sind nach wie vor Ziele der Traktorentwicklung. Konzeptvergleiche wurden auf Basis des "DLG PowerMix" durchgeführt und zeigten unter anderem, dass die Antriebsstränge immer effizienter werden und CVT-Getriebe mindestens gleich gut abschneiden.

Die aktuelle Abgasgesetzgebung wird heute herstellereinspezifisch mit und ohne Dieselpartikelfilter erreicht. Mit Inkrafttreten einer im Entwurf bekannten Stufe V müssen voraussichtlich alle Dieselmotoren ab 2019 wegen Partikelzählung mit Partikelfiltern ausgestattet werden.

Das aktuelle 24/24-Getriebe von Same Deutz-Fahr, bestehend aus 12 lastschaltbaren Gängen in 2 synchronisierten Gruppen, wird vorgestellt. Ferner wird das neue leistungsverzweigte Getriebe "VarioDrive" von Fendt beschrieben, das über die Möglichkeit einer hydraulischen (sperrbaren) Längsdifferentialwirkung nun auch in Kurven Zugkraft bietet.

An elektrischen Fahrtrieben wird weiter geforscht, zumeist in Form eines seriellen Hybrids. Die einige Jahrzehnte bei Traktoren nicht weiter verfolgte innere Leistungsverzweigung stufenloser Fahrtriebe kommt durch eine japanische Konstruktion und eine deutsche Grundlagenarbeit wieder ins Gespräch.

Literatur

- [1] Knechtges, H. und Renius, K. Th.: Traktoren 2014/2015 (Tractors 2014/2014). Zweisprachig, bilingual. ATZoffhighway 7 (2015), Heft 3, S. 12-23.
- [2] CVT Crop: CVTs for Agricultural Equipment. URL http://www.cvtcorp.com/agriculture_equip.html - Aktualisierungsdatum: 07.01.2016.
- [3] Liebherr-International Deutschland GmbH: Diesel Engines by Liebherr. URL http://www.liebherr.com/CP/en-GB/default_cp.wfw/tab-131726?file=~%2Fcms%2Fdownloads%2Fbp_dieselmotoren_28s_en_web.pdf – Aktualisierungsdatum: 10.12.2015.
- [4] MAN Truck & Bus AG: MAN-Motoren für Baumaschinen, Landmaschinen und Sondermaschinen. URL <http://www.engines.man.eu/global/de/off-road/bau-land-und-sondermaschinen/im-fokus/D2862-Tier-4-Final.html> - Aktualisierungsdatum: 10.12.2015.
- [5] Cummins Ltd.: Technologie, die verändert - EPA Tier 4 Final / EU Stufe IV. Informationsbroschüre zur Agritechnica 2015. URL <http://www.cummins.com>.
- [6] Deutz AG: Stufe V für die Landtechnik. Deutz World. Das Kundenmagazin der Deutz AG, Ausgabe 3/2015, S. 6-9.
- [7] John Deere: Emission Technology - Nonroad Diesel Engines. URL http://www.deere.com/en_US/docs/zmags/engines_and_drivetrain/services_and_support/engine_literature/emissions_brochure.html - Aktualisierungsdatum: 08.01.2016.
- [8] Kellerhoff, P.: Land- und Baumaschinen hinken Pkw hinterher. VDI nachrichten 69 (2015) Heft 41, S.13.
- [9] Renius, K. Th.: Abgaswerte von Land- und Baumaschinen sogar niedriger als die von Pkw. Leserbrief zum Beitrag von P. Kellerhoff: „Land- und Baumaschinen hinken Pkw hinterher“ (VDI nachrichten 69 (2015) Heft 41, S. 13). in: VDI nachrichten 69 (2015) Heft 44, S. 3.
- [10] Geimer, M. und D. Engelmann.: Grüner als gedacht - Land- und Baumaschinen sind führend bei Emissionsreduktionen. Mobile Maschinen 9 (2016) Heft 1.
- [11] Stirnimann, R.: Traktoren - Neueste Entwicklungen für die vielfältigen Zukunftsanforderungen. Internationale Agritechnica-Eröffnungspressekonferenz 09.11.2015 in Hannover. URL [https://www.agritechnica.com/de/press/?detail/agritechnica 2015/10/1/ 8157](https://www.agritechnica.com/de/press/?detail/agritechnica%202015/10/1/8157) - Aktualisierungsdatum: 16.11.2015.
- [12] Clare, D. A., et al.: Real world measurement of carbon dioxide emissions of an agricultural tractor using a portable emissions measurement system. LAND. TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 21-27. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [13] COM (2014) 581 final: Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates über die Anforderungen in Bezug auf die Emissionsgrenzwerte und die Typengenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte. URL [http://ec.europa.eu/transparency/ regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-581-DE-F1-1.Pdf](http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-581-DE-F1-1.Pdf)

- [14] Jackson, T.: Are you ready for Tier 5 regulation emissions?. Equipment World. URL <http://www.equipmentworld.com/are-you-ready-for-tier-5-emissions-regulations/> - Aktualisierungsdatum: 10.12.2015.
- [15] Laing, B.: Moving to stage 5: The challenges ahead, Diesel Progress International 34 (2015), no. 6, p. 28-29.
- [16] Nacke, E.: The scope of efficiency improvements in the agricultural machinery industry, Symposium on Efficiency of Mobile Machines and their Applications, 10th/11th March 2015, Braunschweig.
- [17] Sustainum Consulting GbR: KIM - Kriterien- und Indikatorenmodell zur Bewertung von Nachhaltigkeit. URL <http://www.sustainum-consulting.de>.
- [18] Gandhi, T. und B. Lutz: KIM Landtechnik - Erste Erfahrungen mit der Anwendung des Nachhaltigkeits-Tools, Vortrag auf dem Arbeitskreis Technik, 25. Februar 2015, Frankfurt.
- [19] Petri, S., S. Schönfeld und P. Dittmann: Möglichkeiten zur Verbrauchs- und Kostenreduktion durch eine gezielte Auslegung des Verbrennungsmotors auf das Hybridsystem, 5. Fachtagung Hybride und Energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, 25. Feb. 2015, Karlsruhe. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Band 30, S. 127-140.
- [20] Geimer, M. und I. Ays: Nachhaltige Energiekonzepte für mobile Arbeitsmaschinen - in welche Richtung gehen Sie? Mobile Maschinen 7 (2014) H. 6, S. 18-25.
- [21] Attraktive Präsentation auf der Expo - Landtechnikkonzern präsentiert sein Nachhaltigkeitskonzept auf der Weltausstellung in Mailand, eilbote 63 (2016) H. 28, S. 18-19.
- [22] Renius, K. Th. und G. Sauer: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik 4 (1991) S. 41-45. Hrsg. H.J. Matthies und F. Meier. Frankfurt/M.: MaschinenbauVerlag GmbH 1991.
- [23] Mottin, M.: DCT technology: Carraro vision for the new Agricultural Transmissions. LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 45-51.
- [24] Grad, K.: Zur Steuerung und Regelung des Allradantriebs bei Traktoren. Diss. TUM 1996. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 14, Nr. 82. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997.
- [25] Brenninger, M.: Stufenlos geregelter Allradantrieb für Traktoren. Diss. TUM 2002. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Nr. 256. Düsseldorf: VDI-Verlag 2003.
- [26] Graf, M., M. Brenninger and R. Heindl: CVDT – The Next Level in Tractor Transmission Technology. In: VDI-Berichte 2251, S. 39-44. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015.
- [27] Heymann, P.: Anbau und Erprobung eines Hybridtraktors, 5. Fachtagung Hybride und Energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, 25. Feb. 2015, Karlsruhe. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Band 30, S. 35-47.
- [28] Schröter, J. et al.: High Speed Electrical Single Wheel Drives for Mobile Machinery. LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 6./7.11.2015. In: VDI-Berichte 2251, S. 71-76.
- [29] Schrägle, D.: Das Multi Tool auf vier Rädern. Elektrisch angetriebener Schlepper für die nachhaltige Landwirtschaft. Mobile Maschinen 8 (2015) Heft 6, S. 26-28.

- [30] Reick, B., B. Volpert und T. Ikonen: Regelstrategien stufenlos leistungsverzweigter Getriebe, 5. Fachtagung Hybride und Energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, 25. Feb. 2015, Karlsruhe. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Band 30, S. 19-33.
- [31] Matthies, H. J. und K. Th. Renius: Einführung in die Ölhydraulik. 8. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Verlag Springer Vieweg 2014.
- [32] Yanmar Co., Ltd: Hydraulic stepless transmission. EP2 050 984 A4, Priorität 1.06.2006, veröffentlicht 12.01.2011 (ähnlich in USA 2012).
- [33] Ramm, M.: Systematische Entwicklung und Analyse stufenlos verstellbarer Getriebe mit innerer Leistungsverzweigung für mobile Arbeitsmaschinen. Dissertation RWTH Aachen 2015. Aachen: Verlagsgruppe Mainz 2015. ISBN: 978-3-95886-045-2.
- [34] Lee, D.-H. et al.: Analysis of the PTO load of a 75 kW agricultural tractor during rotary tillage and baler operation in Korean upland fields. Journal of Terramechanics 60 (2015) 75-83.
- [35] Czichos, H.: Mechatronik - Grundlagen und Anwendungen technischer Systeme. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 16.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Geimer, Marcus; Renius, Karl Theodor; Stirnimann, Roger: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055109>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/235.html>

Reifen - Reifen/Boden-Verhalten

Heinz Dieter Kutzbach, Alexander Bürger und Stefan Böttinger
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

Kurzfassung

Neben einem erweiterten Angebot von Reifen mit sehr flexiblen Flanken wird den Anforderungen an hohe Traktion und verbesserte Bodenschonung von Ackerschlepperreifen auch durch die Optimierung von Reifeninnendruck und Ballastierung des Ackerschleppers Rechnung getragen. Bei der messtechnischen Untersuchung der am Reifen übertragbaren Kräfte existiert weiterhin keine einheitliche Darstellungsweise. Die Reifenmodellierung wird durch Einbeziehung nachgiebiger Böden und spezieller Einsatzbedingungen zunehmend leistungsfähiger und aussagekräftiger.

Schlüsselwörter

Ackerschlepperreifen, Reifenkennlinien, Reifenmodelle, Bodenverdichtung

Tires - Tire-Soil-Interaction

Heinz Dieter Kutzbach, Alexander Bürger and Stefan Böttinger
Institute for Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

Abstract

Besides extending the offering of very high flexion tires the demand for high traction and improved soil protection of agricultural tires is met by the optimization of tire pressure and ballasting of the tractor. For the matter of measuring the transmittable forces of an off-road tire there is still no standardized way of representing the results. Due to inclusion of soft soil and special operation modes tire modelling is becoming increasingly powerful and significant.

Keywords

Farm tractor tires, tire performance, tire modelling, soil compaction

Neue Reifenentwicklungen

Die Entwicklung bei Reifen und Bandlaufwerken wird hauptsächlich von zwei Anforderungen getrieben. Steigende Motorleistungen von Ackerschleppern und selbstfahrenden Erntemaschinen müssen unter hohem Wirkungsgrad übertragen werden können. Zusätzlich muss eine Schädigung des Ackerbodens – zunehmend aber auch der Einfluss hoher Einsatzgewichte auf asphaltierte Fahrbahnen – reduziert werden. Bei Straßenfahrt haben die Federungs- und Dämpfungseigenschaften des Reifens außerdem Einfluss auf den Fahrkomfort der Maschine.

Herstellerübergreifend werden vermehrt Reifen mit flexibleren Reifenflanken angeboten (IF- und VF-Kennzeichnung). Diese Reifen können bei konstant niedrigem Reifeninnendruck sowohl auf dem Acker als auch auf der Straße gefahren werden. Die Notwendigkeit zur Regelung des Reifeninnendrucks entfällt. Bei gleicher Last und Geschwindigkeit können diese Reifen im Vergleich zu Standardreifen mit geringeren Drücken betrieben werden. Mitas gibt einen konstanten Reifeninnendruck für alle Fahrgeschwindigkeiten und Untergründe für seinen Ackerschlepperreifen VF 380/95 R38 HC 2000 von 1,2 bar an.

In Kooperation mit Fendt stellte Mitas mit AirCell eine Entwicklung zur Beschleunigung der Reifendruckregelung vor. Ein in den Reifen integrierter und auf der Felge sitzender Druckspeicher wird während der Fahrt mit einem Druck von 8 bar vorgespannt, **Bild 1**. Während eines Regelvorganges wird der höhere Druck im Speicher zur Beschleunigung des Druckanstieges im Reifen genutzt. Eine Druckänderung von ± 1 bar wird innerhalb einer Minute erreicht. Die Entwicklung wurde auf der Agritechnica 2015 mit einer Goldmedaille prämiert [1].



Bild 1: Integrierter Druckspeicher zur Reifendruckregelung, Mitas AirCell [1]

Figure 1: Integrated pressure reservoir for tire pressure regulation, Mitas AirCell [1]

Trelleborg stellte mit dem TM 1060 auf der Agritechnica einen Niederquerschnittsreifen mit maximaler Dimension von VF 710/60 R42 vor. Dieser erzielt gesteigerte Tragfähigkeiten ohne Zunahme in Größe und kann bei Ackerschleppern oberhalb von 225 kW auf vergleichsweise schmalen Felgen montiert werden [2]. Auf der Agritechnica 2015 stellten die Hersteller

Nokian und BKT jeweils einen Winterreifen für Ackerschlepper vor, die das Aufziehen von Schneeketten vermeiden sollen [3].

Sowohl auf der SIMA 2015 in Paris und der Agritechnica 2015 in Hannover konnte beobachtet werden, dass Ackerschlepperreifen zunehmend mit Geschwindigkeitsindizes von D und E angeboten werden. Wird der Geschwindigkeitsbereich von bis zu 65 bzw. 70 km/h nicht ausgeschöpft, kann bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten die höhere Tragfähigkeit der Reifen genutzt werden [4].

Mitas und ihr Kooperationspartner Galileo Wheel Ltd. (Israel) führten im Oktober 2015 einen vollständig mit dem PneuTrac bereiften Ackerschlepper vor [5]. Auf der SIMA 2015 wurde mit der Dimension 600/65 R38 eine dritte Reifendimension vorgestellt [6]. Erste statische Messungen für einen Vergleich mit einem Standardreifen sind seitens des Herstellers verfügbar [1]. Eine Markteinführung ist laut Mitas Ende 2017 geplant [7].

Reifenhersteller bieten dem Kunden kostenlose Apps oder online-Tools an, um für den jeweiligen Reifen und die Arbeitsaufgabe den optimalen Reifeninnendruck zu finden und geben zum Teil Vorschläge für die Ballastierung des Ackerschleppers. Fendt entwickelt und integriert solche Empfehlungen mit dem GripAssistant vollständig in das neue Großtraktorenkonzept und wurde dafür auf der Agritechnica 2015 mit einer Silbermedaille prämiert. Die Angabe von Reifeninnendruck und Ballastierung erfolgt kennlinienbasiert durch Auswahl der Reifendimensionen, der Arbeitsaufgabe, des Bodenzustandes und der Fahrgeschwindigkeit [8].

Reifenkennlinien

Grundlage solcher Entwicklungen sind die Reifenkennlinien wie Radzugkraft-Schlupf und Wirkungsgrad-Schlupf, wie sie unter anderem durch die Messungen von Steinkamp und Dwyer und viele weitere Messungen bekannt sind, **Bild 2 links**. In Anlehnung an Scherverversuche wird die Zugkraft über dem Schlupf aufgetragen, obwohl sich der Schlupf aus der geforderten Zugkraft ergibt, also die abhängige Größe ist. Ebenso wird der Wirkungsgrad über dem Schlupf aufgetragen. Die aussagekräftigere Darstellung des Wirkungsgrades über der geforderten Zugkraft, schon unter anderem von Steinkamp [9] vorgeschlagen, **Bild 2 rechts**, hat sich bisher kaum durchgesetzt.

Zur Messung der am Rad übertragenen Zugkräfte (Triebkräfte), die wegen des linearen Zusammenhangs oft als auf die Radlast bezogene Triebkraftbeiwerte k dargestellt werden, können Einzelradmesseinrichtungen oder Bremsfahrzeuge eingesetzt werden [10]. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von zwei Prüfstationen (MGI, Ungarn und Irstea, Frankreich) hinsichtlich der Vergleichbarkeit überprüft. Verschiedene Einzelradmesseinrichtungen sind beispielsweise in [11] beschrieben. Eine in Zusammenarbeit des ungarischen Instituts für Agricultural Engineering mit der Michelin Tire Company entwickelte Einzelradmesseinrichtung [12] geht mit Reifendurchmessern bis 2,5 m, Reifenbreiten bis 1,3 m, hydrostatischen Radlasten bis 120 kN und Fahrgeschwindigkeiten bis 50 km/h auf Straßen über die in [11] gestellten Forderungen hinaus. Schräglaufmessungen sind nicht möglich, jedoch können Seitenkräfte bis 20 kN erfasst werden. An der Wehrtechnischen Dienststelle für Kraft-

fahrzeuge und Panzer ist eine Einzelradmesseinrichtung entwickelt worden, die Schräglaufwinkel bis $\pm 40^\circ$ und Radlasten bis 100 kN bei Reifendurchmessern bis 1,6 m und Reifenbreiten bis 0,55 m zulässt [13]. Einblick in die Versuchsstände eines Herstellers für Ackerschlepperreifen gibt [14], wobei unter anderem ein Einzelradversuchsanhänger für 2000 h-Belastungstests eingesetzt wird. Während [15] eine kleine Einzelradmesseinrichtung (Reifen: 5,00 - 12 AS) vorstellt, geht [16] intensiv auf die Versuchsplanung ein, um die verschiedenen Einflussgrößen auf die Radzugkraft korrekt zu erfassen.

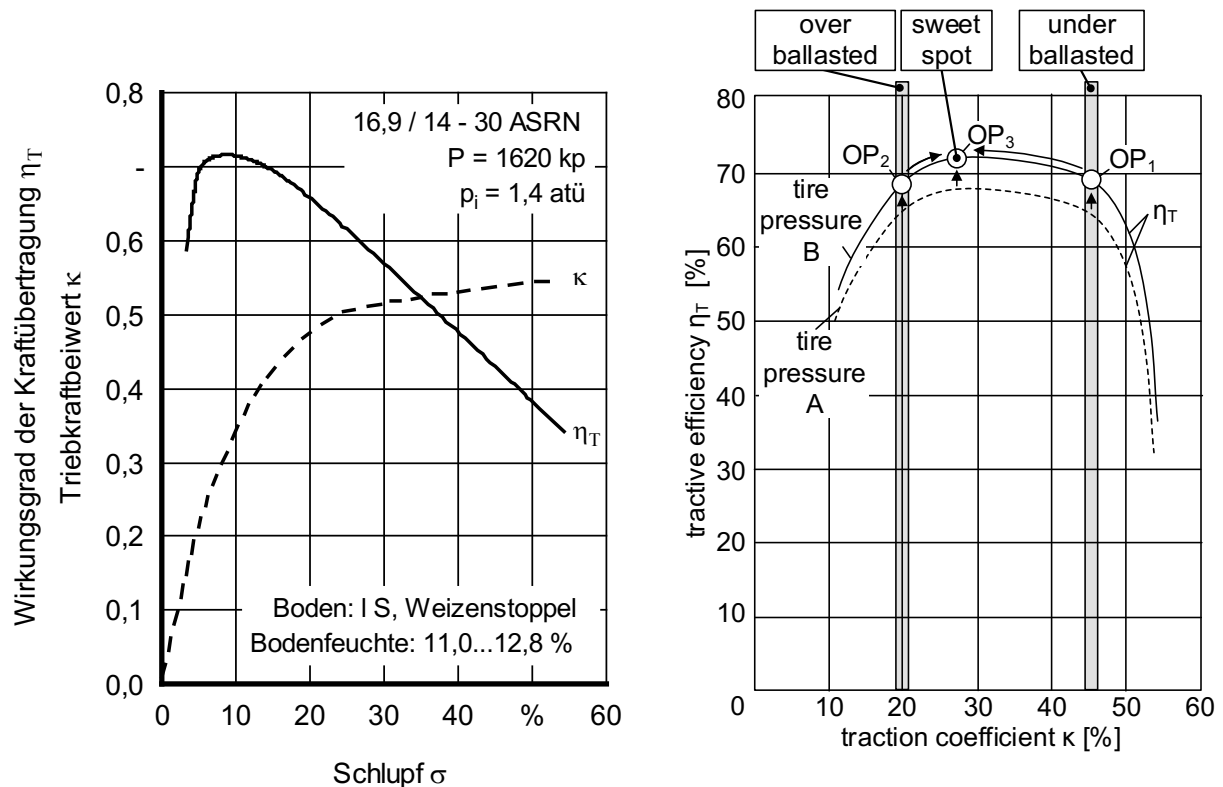


Bild 2: links: Auftragung von Laufwerkwirkungsgrad η_T und Triebkraftbeiwert κ über dem Schlupf σ [9], rechts: Laufwerkwirkungsgrad η_T über Triebkraftbeiwert κ nach [9], Darstellung aus [19]

Figure 2: left: Visualization of tractive efficiency η_T and net traction κ ratio against slip σ [9], right: Tractive efficiency η_T over net traction ratio κ according to [9], visualization by [19]

In Deutschland entstehen bei der DLG und bei AGCO/Fendt zwei Rollenprüfstände für leistungsstarke Traktoren, um Kraftstoffverbrauch (DLG Powermix), Leistungen, Wirkungsgrade auch von Teilbaugruppen und weitere Werte wetterunabhängig zu bestimmen [17 bis 18]. Die Rollen lassen sich in Spurweite und Radstand dem Fahrzeug anpassen, das über die unteren Lenker fixiert seine Leistung an die gebremsten Rollen abgibt. Beide Prüfstände bieten einstellbare Luftströmungen, sodass auch thermische Messungen möglich sind. Außerdem sind sie für hohe Leistungen, Radlasten, Fahrgeschwindigkeiten und Bremskräfte ausgelegt (DLG: 700 kW PTO, 15 t, 105 km/h, 4x90 kN; Fendt: 4x250 kW, 15 t, 85 km/h, 4x80 kN). Durch Vergleich mit Straßenfahrten soll das unterschiedliche Abrollverhalten auf den Rollen erfasst werden.

Die Messung des Schlupfes als weitere Größe der Triebkraft-Schlupf-Kennlinie ist keine einfache Aufgabe, zumal verschiedene Definitionen für den Schlupf ($\sigma = 1 - v/v_0$) verwendet werden [20]. Während die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit v über ein 5. Rad oder über GPS relativ gut bestimmt werden kann, liegt das Problem bei der Radumfangsgeschwindigkeit v_0 , die sich über Winkelgeschwindigkeit und den effektiven Radius berechnet ($v_0 = \omega \cdot r_{\text{dyn}}$). Der schlupflose Abrollumfang r_{dyn} (auch bezeichnet als r_{eff} bzw. kinematic roll radius r_d) lässt sich nicht direkt messen, sondern wird aus der Abroll-Länge auf dem Versuchsuntergrund bestimmt und durch Reifeninnendruck, Einfederung und Stolleneinsenkung beeinflusst. Der Abrollumfang ist im Gegensatz zum Diagonalreifen beim Radialreifen wegen des Gürtels relativ konstant. In internationaler Literatur wird oft zwischen kinematic und kinetic roll radius (Momentenradius) unterschieden [21 bis 22]. Letztere Veröffentlichung verfolgt den interessanten Ansatz, den Schlupf mit zwei einfachen Kameras und digitaler Bildauswertung der 3D-Aufnahmen von Reifen und Boden zu bestimmen. Außerdem variiert der Schlupf während einer Radumdrehung aufgrund der Radlastschwankungen und Bodeninhomogenitäten laufend um einen Mittelwert [23]. Um diesen besser zu erfassen, wird ein analoger Drehzahlmesser entwickelt, der die Raddrehung wesentlich besser auflöst als eine digitale Messung (bei offensichtlich geringer aber nicht genannter Abtastrate).

Wegen der Schwierigkeiten bei der Schlupfbestimmung und weil die genaue Kenntnis des Schlupfes beim Schleppereinsatz nachrangig ist, hat die Auftragung des Wirkungsgrades über dem Triebkraftbeiwert, Bild 2 rechts, große Vorteile. Auf Wunsch kann das Bild durch eine Schlupfkurve über dem Triebkraftbeiwert ergänzt werden. Bild 2 rechts veranschaulicht mit den Einflüssen von Ballastierung und Reifeninnendruck den Hintergrund für das GripAssistant-System [8], dient aber in [19] als Hinweis auf die Notwendigkeit, den Fahrer über Wirkungsgrad und Traktion zu informieren. In [19] wird deswegen ein kostengünstiger Sensor für den Einsatz an den Schlepper-Antriebsachsen vorgestellt, der auf dem Villari-Effekt basierend Drehmoment, Radlast, Triebkraft und Drehzahl erfasst und entsprechend registriert und analysiert. Auch das in [24 bis 25] vorgestellte Verfahren zur optimalen Traktionskontrolle ist auf einem Triebkraft- bzw. Drehmomentsensor angewiesen, um aus Triebkraft und Schlupf auf die entsprechend den Bodeneigenschaften momentan vorliegende Triebkraft-Schlupf-Kurve zu schließen. Für diese Kurve wird über die bekannten Schlepper-Gerätdaten ein Schlupfzielwert für den optimalen Wirkungsgrad berechnet. Durch Änderung der Arbeitstiefe des Gerätes oder der Fahrgeschwindigkeit kann der aktuelle Schlupf dem Zielwert angepasst werden.

Beim Fahren am Hang oder beim Lenken treten am Reifen Seitenkräfte auf, die zum Schräglauf der Reifen mit dem Winkel α zur Radebene führen [27]. Dieses Verhalten wird im Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Diagramm dargestellt und beschreibt Spurtreue und Fahrverhalten. Mit zunehmender geforderter Längskraft (Trieb- oder Bremskraft) nehmen die übertragbaren Seitenkräfte ab [28], Kammscher Kreis. Wegen der starken Profilierung ist die Auftragung der Seitenkraft über der Längskraft für Ackerschlepperreifen nicht kreisförmig [29]. Hohenheimer Messergebnisse zu diesem Sachverhalt zeigt beispielsweise **Bild 3** aus der Dissertation von Schlotter [26].

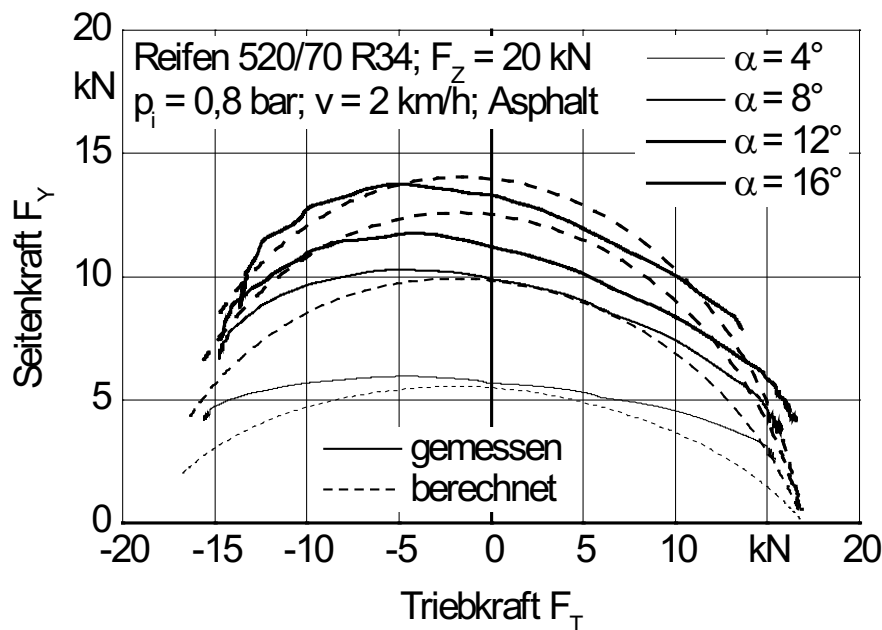


Bild 3: Gemessenes Seitenkraft-Triebkraft-Diagramm mit Vergleich zu berechneten Werten nach der Slip-Drift-Methode nach Greckenko [26]

Figure 3: Measured lateral force against traction force diagram with comparison to calculated data based in the slip-drift model by Greckenko [26]

Reifenmodelle

Eine sehr gute Übersicht über bisher beschriebene terramechanische Reifenmodelle geben Sandu und Mitarbeiter in [30]. Sie unterscheiden empirische, physikalisch begründete und semiempirische Modelle. Alle Modelle werden ausführlich diskutiert, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen angegeben und in abschließenden Übersichten erzielbare Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Es werden sechs empirische, zehn physikalisch begründete und acht semiempirische Modelle erfasst. Das am weitesten fortgeschrittene ist das von Sandu und Mitarbeitern entwickelte und an einem Reifen P225/60 R16 validierte Hybrid Soft Soil Tyre Model (HSSTM). Das für Ackerschlepperreifen von Witzel entwickelte Hohenheimer Reifenmodell ist in [31] ausführlich beschrieben. Es eignet sich als Speichenmodell auch zur Simulation von Hindernisüberfahrten und Komfort-Analysen. Insgesamt sind in [30] 116 Literaturstellen genannt. Ein über ein reines Reifenmodell hinausgehendes Fahrzeugmodell auf weichem Boden wird in [32] vorgestellt. Es enthält u.a. ein Grundbodenbearbeitungsmodell und ein Anhängermodell. Für die Ermittlung der notwendigen Parameter für die Reifenmodelle werden in [33 bis 34] Hinweise gegeben. DEM und FEM Reifenmodelle in [35 bis 37] berücksichtigen besondere Einsatzbedingungen wie trockener Sand oder Hindernis-überfahrt. In [38] wird ein FEM-Modell für Reifen auf weichem Boden zur Bestimmung von Rollradius und Schlupf eingesetzt.

Bodenverdichtung

Das Befahren nachgiebigen Bodens führt zu Bodenverdichtungen. Diese können im einfachsten Fall durch Messung der Spurtiefe dokumentiert werden [39]. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Spurtiefen mit Radlast und Schlupf zunehmen und mit höherer Fahrgeschwindigkeit wegen der kürzeren Einwirkzeit abnehmen. Die wichtigen Einflussgrößen Aufstandsfläche und Reifeninnendruck wurden in [39] nicht verändert. Ein interessantes Verfahren zur Messung von Bodendichteänderungen mit Verformungsgebern beschreibt [40]. Die Geber bestehen aus zwei runden Blechen, deren Abstand kontinuierlich potentiometrisch gemessen wird. Sie werden in 20 – 40 cm Tiefe in den Boden eingegraben. Die ursprüngliche Bodenstruktur bleibt damit nicht erhalten, aber die Ergebnisse stimmen gut mit denen von zylindrischen Bodenproben überein. Die Ergebnisse bestätigen Bekanntes: Die Bodendichte nimmt mit der Zahl der Überfahrten zu, höhere Bodenfeuchte führt zu höherer Verdichtung, die Verdichtung nimmt mit Tiefe und Fahrgeschwindigkeit ab. Reifeninnendruck, Radlast und Reifengröße (18.4 R30) wurden nicht verändert. Auch die sehr intensive Studie in [41] verändert diese Größen nicht, ermittelt aber den Einfluss von Schlupf (1 %, 27 %) vor allem auf hydrologische Bodengrößen wie Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Wasserleitfähigkeit, Oberflächenabfluss und bestätigt die negativen Auswirkungen dieses hohen Schlupfwertes.

Haupteinflussgrößen auf die Bodenverdichtung sind jedoch Radlast und Druck, bzw. Druckverteilung in der Aufstandsfläche. Kommerzielle piezoelektrische Drucksensoren in Array-Anordnung erwiesen sich nur nach Kalibrierung zur Druckkartierung in der Aufstandsfläche geeignet [42]. Die Karkassensteifigkeit, die den Druck in der Aufstandsfläche gegenüber dem Reifeninnendruck erhöht, lässt sich im Vergleich von fünf untersuchten Verfahren am besten aus der tragbaren Last ohne Reifeninnendruck und der Aufstandsfläche bestimmen [43].

Den Einfluss von Radlast und Reifeninnendruck an einem 850/50 R30,5 veranschaulicht [44] sehr deutlich an Messung von Spurtiefe, Aufstandsfläche und Cone Index. Niedrige Reifeninnendrucke führen zu bodenschonenden Werten, während sich zu hohe Reifeninnendrucke sehr negativ auswirken. [45] zählt die Vorteile zentraler Verstelleinrichtungen für den Reifeninnendruck auf und erläutert technische Lösungen.

Fachtagungen

Die 13. Europäische Konferenz der Internationalen Society of Terrain Vehicle Systems fand vom 21. - 23. Oktober 2015 in Rom unter dem Vorsitz von Roberto Paoluzzi statt. Der Tagungsband [46] ist über die ISTVS zu beziehen. Auch auf der Internationalen Landtechnik Tagung in Hannover vom 6. - 7. November 2015 wurden entsprechende Themen diskutiert [47].

Zusammenfassung

Die Anforderungen an moderne landwirtschaftliche Reifen, hohe Traktion zu gewährleisten und gleichzeitig Bodenverdichtungen zu vermeiden, werden mit verschiedenen Mitteln erreicht. Flexiblere Reifenflanken führen im Vergleich zu Standardreifen bei gleichem Reifennennendruck zu einer größeren Aufstandsfläche. Dadurch werden sowohl Traktion als auch Bodenschonung maximiert. Die Anpassung von Reifennennendruck und Ballastierung des Ackerschleppers bewirkt eine Optimierung der Reifeneigenschaften für den jeweiligen Einsatzbereich. Diese Eigenschaften sowie die Fahrdynamik, der Fahrkomfort und die Traktion von landwirtschaftlichen Maschinen werden durch den Einsatz zunehmend genauer und effizienter Reifenmodelle simulativ analysiert. Zur Parametrierung dieser Modelle dienen eine Vielzahl an Messungen an einzelnen Reifen, an Gesamtfahrzeugen sowie die Untersuchung der Interaktion von Reifen/Fahrzeug und Untergrund.

Literatur

- [1] Stefek, K.: Mitas PneuTrac, Mitas AirCell. Innovative Agricultural and Industrial Tire Development Forum 2015, Berlin 03.-04.12.2015.
- [2] -, -: Trelleborg bringt mit dem TM 1060 eine Baureihe der nächsten Generation auf den Markt. Trelleborg-Pressemitteilung, 11.2015.
- [3] -, -: Der Reifenmarkt sortiert sich neu. Eilbote 63 (2015) H. 48, S. 10.
- [4] -, -: Abwartende Zurückhaltung. Eilbote 63 (2015) H. 20, S. 10-12.
- [5] -, -: Eine fast runde Sache. profi 27 (2015) H. 12, S. 122-123.
- [6] -, -: New size of PneuTrac unveiled from Mitas. Farm Industry News. URL www.farministrynews.com - Aktualisierungsdatum: 23.02.2015.
- [7] -, -: Pneutrak-Reifen kommt wahrscheinlich 2017. Eilbote. URL www.eilbote-online.com - Aktualisierungsdatum: 23.10.2015.
- [8] Pichlmaier, B.; Buchner, T.: A fully integrated Traction Assistance System. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 211-217.
- [9] Steinkampf, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Acker-schlepper. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 27 (1975).
- [10] Fancello, G.; Szente, M.; Kovacs, L.; Kocsis, L.; Szalay, K.; Piron, E.; Miclet, D.; Héretier, P.: Agricultural Tyre Energy Efficiency test method link with specific fuel consumption for measuring the efficiency of agricultural tyres under real conditions on tractors. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 203-209.
- [11] Kutzbach, H.D.; Witzel, P.; Schreiber, M.: Single Wheel Field Tester for Farm Tractor Tyres - A Review. Proceedings of the 11th European Conference of the ISTVS, Bremen, 05.-08.10.2009.
- [12] Szente, M.; Kriston, S.; Forissier, J-F.: A New Single Wheel Tester - Global Traction and Motion Resistance Measuring System. Proceedings of AgEng 2010, Clermont-Ferrand, 06.-08.09.2010, S. 1-10.
- [13] Deschner, C.; Rutsch, K.; Gericke, R.; von Sturm zu Vehlingen, T.: Einzelradtester bietet neue Möglichkeiten der Reifenuntersuchung. ATZ offhighway 8 (2015) H. 1, S. 64-71.
- [14] -, -: Vom Elektronen-Mikroskop bis zum 75-t-Prüfstand. Profi 27 (2015) H. 3, S. 92-93.
- [15] Abdolmaleki, H.; Jafari, A.; Tabatabaeifar, A.; Hajiahmad, A.; Goli, H.: Development and evaluation of an in-situ tire testing facility with variable side slip angles. Journal of Terramechanics 59 (2015), S. 49-58.
- [16] Naranjo, S.D.; Sandu, C.; Taheri, S.; Taheri, Sh.: Experimental testing of an off-road instrumented tire on soft soil. Journal of Terramechanics 56 (2014), S. 119-137.

- [17] Ai, A.; Tauber, H.-J.: DLG PowerMix Chassis Dynamometer - The field on a test bench. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 1-12.
- [18] Rückert, B.; Jekel, P.; Ott, M.; Schleich, C.; Tschinkel, E.: Advanced test stand for complete vehicle analysis to bring the road and field into the laboratory. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 13-27.
- [19] Wieckhorst, J.; Fedde, T.; Frerichs, L.; Fiedler, G.: Integrated Measurement of Tire Soil Parameters for Tractors. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 219-225.
- [20] Kutzbach, H.D.; Böttinger, S.; Schreiber, M.: Some remarks to traction mechanics. Proceedings of the 11th European Conference of the ISTVS, Bremen, 05.-08.10.2009.
- [21] Hamersma, H.A.; Botha, T.R.; Els, P.S.: Estimating the kinetic roll radius of a tyre on rough terrain. Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015, S. 270-281.
- [22] Botha, T.R., Shyrokau, B., Els, P.S. und Holweg, E.: Kinematic analysis of a tyre rolling over rough terrain using digital image correlation. Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015, S. 176-188.
- [23] Vantsevich, V.V., Gray, J.P. und Paldan, J.R.: An agile tire slippage estimation based on new tire and wheel rolling characteristics. Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015, S. 237- 251.
- [24] Osinenko, P.; Geissler, M.; Herlitzius, T.: A method of optimal traction control for farm tractors with feedback of drive torque. Biosystems Engineering 129 (2015), S. 20-33.
- [25] Osinenko, P.; Geißler, M.; Herlitzius, T.: HIL-tests with Slip Control for Electric Single Wheel-Drives - Results and Traction Test Stand Concepts. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf: VDI Verlag 2015, S. 453-458.
- [26] Schlotter, V.: Einfluss dynamischer Radlastschwankungen und Schräglaufwinkeländerungen auf die horizontale Kraftübertragung von Ackerschlepperreifen. Dissertation, Universität Stuttgart. Aachen: Shaker Verlag, 2006.
- [27] Hajiahmad, A.; Goli, H.; Jafari, A.; Keyhani, A.; Abdolmaleki, H.: Side slip angle prediction model of an off-road tire on different terrains. Journal of Terramechanics 56 (2014), S. 25-35.
- [28] Jiminez, E.; Sandu, C.: Handling performance of pneumatic tires on sandy loam. Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015, S. 22-35.
- [29] Becker, C.; Els, S.: The applicability of the friction circle concept to off-road tyres. Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015, S. 134-147.

- [30] Taheri, Sh.; Sandu, C.; Taheri, S.; Pinto, E.; Gorsich, D.: A technical survey on Terramechanics models for tire-terrain interaction used in modeling and simulation of wheeled vehicles. *Journal of Terramechanics* 57 (2015), S. 1-22.
- [31] Witzel, P.: Ein validiertes Reifenmodell zur Simulation des fahrdynamischen und fahrkomfortrelevanten Verhaltens von Ackerschleppern bei Hindernisüberfahrt. Dissertation, Universität Stuttgart. Aachen, Shaker Verlag, 2015.
- [32] Putz, G.; Stempfer, G.: Simulation landwirtschaftlicher Maschinen in weichem Boden. *ATZ offhighway* 8 (2015) H. 1, S. 72-79.
- [33] Stallmann, J.; Botha, T.; Els, S.: A novel method for tyre FEM validation tests. *Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015*, S. 263-269.
- [34] Babulal, Y.; Stallmann, J.; Els, S.: Parameterisation and modelling of large off-road tyres for on-road handling analyses. *Journal of Terramechanics* 61 (2015), S. 77-85.
- [35] Yamakawa, J.; Yoshimura, S.; Watanabe, K.: A tire model for vehicle motion analysis on dry sand. *Journal of Terramechanics* 56 (2014), S. 49-59.
- [36] Smith, W.; Melanz, D.; Senatore, C.; Iagnemma, K.; Peng, H.: Comparison of discrete element method and traditional modeling methods for steady-state wheel-terrain interaction of small vehicles. *Journal of Terramechanics* 56 (2014), S. 61-75.
- [37] Wei, C.; Olatunbosun, O.: Transient dynamic behaviour of finite element tire traversing obstacles with different heights. *Journal of Terramechanics* 56 (2014), S. 1-16.
- [38] Rubinstein, D. Shmulevich, I.; Frenckel, N.: Use of explicit finite-element formulation to predict the rolling radius and slip of agricultural tire during travel over loose soil. *Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015*, S. 660, Persönliche Mitteilung.
- [39] Mardani, A.: On-The-Move Monitoring of Tire Rut Depth on Deformable Soil Using an Instrumented Inclinator. *Transactions of the ASABE* 57 (2014) H. 5, S. 1291-1295.
- [40] Shahgholi, G.; Abuali, M.: Measuring soil compaction and soil behavior under the tractor tire using strain transducer. *Journal of Terramechanics* 59 (2015), S. 19-25.
- [41] Battiato, A.; Alaoui, A.; Diserens, E.: Impact of Normal and Shear Stresses Due to Wheel Slip on Hydrological Properties of an Agricultural Clay Loam: Experimental and New Computerized Approach. *Journal of Agricultural Science* 7 (2015) H. 4, S. 1-19.
- [42] Misiewicz, P.; Blackburn, K.; Richards, T.; Brighton, J.; Godwin, R.: The evaluation and calibration of pressure mapping system for the measurement of the pressure distribution of agricultural tyres. *Biosystems Engineering* 130 (2015), S. 81-91.
- [43] Misiewicz, P.; Richards, T.; Godwin, R.: Estimations and Measurements of Carcass Stiffness of Agricultural Tires on a Hard Surface. *ASABE Paper Number: 152192081*, 2015, S. 1-14.
- [44] Mohsenimanesh, A.; Laguë, C.: Application of Automatic Air Inflation Deflation Control System on a Manure Tanker to Prevent Excessive Soil Compaction. *ASABE Paper Number: 152179891*, 2015, S. 1-7.
- [45] Tigges, M.: Central Tire Inflation Systems for Agricultural Vehicles. *ASABE Distinguished Lecture Series*, 2015, S. 1-13.

- [46] Proceedings of the 13th European Conference of the ISTVS, Rom, 21.-23.10.2015.
[47] VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2015, Hannover 06.-07.11.2015. Düsseldorf:
VDI Verlag 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 02.03.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Kutzbach, Heinz Dieter; Bürger, Alexander; Böttinger, Stefan: Reifen - Reifen/Boden-Verhalten. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055111>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/236.html>

Hydraulische Antriebe

Karl Hartmann, Lennart Roos, Johannes Untch
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

Kurzfassung

Das Gebiet der Neuvorstellungen bei hydraulischen Antrieben in der Landtechnik ist breit gefächert. Hinsichtlich System-Hardware weitet sich das Einsatzgebiet hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigter Antriebe aus. Neue Ansätze zur Kombination elektrischer und hydraulischer Antriebstechnologie sowie zur hydraulischen Hybridisierung werden für verschiedene Offroad-Anwendungen untersucht. Gesamtmaschineneffizienz und Systemdynamik stehen im Fokus softwareseitiger Entwicklung. Bei den hydrostatischen Komponenten kommt den Verdrängereinheiten eine besondere Bedeutung zu, was sich in weiteren Steigerungen der Leistungsdichte und der Stelldynamik zeigt.

Schlüsselwörter

Leistungsverzweigung, Elektrohydraulik, Hybrid, Verdrängersteuerung, Hydrostaten

Hydraulic Drives

Karl Hartmann, Lennart Roos, Johannes Untch
Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, TU Braunschweig

Abstract

In 2015, a broad range of developments has been observed in the field of mobile hydraulics in agriculture. Hydro-mechanical power split transmission is being transferred to new applications. Combining electrics and hydraulics within new drivetrain concepts as well as hydraulic hybrid drives are being investigated in different applications. System efficiency and dynamics are the major objectives in software development. Concerning hydrostatic components, displacement machines are a key factor for compact, efficient and high dynamic drivetrain systems.

Keywords

power split drives, electro hydraulics, hybrid, displacement control, displacement machines

Einleitung

Die Hydraulikbranche blickt insgesamt auf ein wechselhaftes Geschäftsjahr 2015 zurück. Konnten im Vorjahr noch 3 % Umsatzwachstum verzeichnet werden, wird bei abschließender Betrachtung der Rückgang für das Jahr 2015 in ähnlicher Höhe liegen.

Während im Inland die Landtechnik als nach wie vor zweitgrößte Abnehmerbranche mit starkem Auftragsrückgang zu kämpfen hatte, bot sich bei verschiedenen Stationäranwendungen wie zum Beispiel Kunststoffverarbeitung mit 5 bis 15 % Plus ein ungleich besseres Bild. Im Mobilbereich konnten die hiesigen Baumaschinen- und Fördertechnikhersteller insgesamt mehr Aufträge als 2014 verzeichnen. Während aus Sicht der Hydraulik das Inlandsgeschäft damit unter dem Strich stagnierte, waren die meisten Auftragsrückgänge in Abnehmerländern außerhalb des Euroraumes zu verzeichnen, allen voran Russland und China. Die Perspektive der Branche für 2016 sieht demnach zunächst verhalten aus. Laut Dr. Ralf Wichers, Chefvolkswirt im VDMA, schlagen sich insgesamt die "[...] Maschinenbauunternehmen mit einer vergleichsweise starken Ausrichtung auf die klassischen Industrieländer und einem breit gefächerten, vornehmlich auf Automatisierungsaufgaben, Qualitätsverbesserung und Effizienzsteigerung ausgerichteten, hoch spezialisierten (Nischen-)Angebot recht gut." [1]

Maßgebende Tagungen im Berichtszeitraum waren das "Symposium on Fluid Power & Motion Control" in Chicago, die 14. "Scandinavian International Conference on Fluid Power" in Tampere, die 73. internationale Tagung LAND.technik-AgEng (VDI-MEG) in Hannover, sowie die 5. Fachtagung hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen in Karlsruhe. Auf der Agritechnica 2015 in Hannover präsentierte sich die Mobilhydraulik als nach wie vor wichtige Zulieferbranche im Ausstellungsbereich "Systems and Components".

Leistungsverzweigte Antriebe

Leistungsverzweigte Fahrtriebe erfahren in Traktoren seit nunmehr 20 Jahren zunehmende Verbreitung. Agco rüstet seit einigen Jahren alle Fendt-Modelle ausschließlich mit leistungsverzweigtem Fahrtrieb aus, so auch die neue 1000er Baureihe. Gegenüber bisher bekannten Konzepten werden hier allerdings ausschließlich zwei Hydromotoren verwendet und je einer fest zu Vorder- und Hinterachse zugeordnet. Da beide Hydromotoren hydraulisch parallel geschaltet sind, kann über ihr jeweiliges Schluckvolumen das Verhältnis zwischen Druck des Variators und Abtriebsmoment des Motors eingestellt werden. Werden Vorder- und Hinterachse nicht mechanisch verblockt, können verschiedene Drehmomente über die Achsen übertragen werden. Fendt variiert die Drehmomentaufteilung zwischen Vorder- und Hinterachse in Abhängigkeit der Geschwindigkeit [2].

Zunehmend ist der Einsatz leistungsverzweigter Antriebe auch auf Anbaugeräten oder für Arbeitsfunktionen von Selbstfahrern zu beobachten. Beispielsweise zeigte Grimme auf der Agritechnica mit dem Vario Drive einen drehzahlvariablen Siebbandantrieb für gezogene Kartoffelroder. Am Siebbandantrieb wird die vom Zapfwellenantrieb kommende mechanische Leistung mit vom Traktor bereitgestellter hydraulischer Leistung in einem Kompaktaggregat aus Planetengetriebe und Hydromotor überlagert. Es handelt sich also um ein eingangsgekoppeltes leistungsverzweigtes Getriebe mit Verzweigung im Traktor und Leistungssteue-

rung über die Wegeventile des Traktors [2]. Parallel werden aber auch elektrisch-mechanisch leistungsverzweigte Antriebe für Anbaugeräte diskutiert. In einer auf dem Antriebstechnischen Kolloquium vorgestellten Variante wird wie bei Grimme eine eingangsgekoppelte Struktur mit Verzweigung innerhalb des Traktors gezeigt [3].

Für die Arbeitsaggregate eines Feldhäckslers wurde auf der Landtechnik-Tagung die Untersuchung eines leistungsverzweigten Getriebekonzeptes gezeigt. In Betriebspunkten mit geringer Last kann durch die stufenlose Drehzahlverstellung des Getriebes die Dieseldrehzahl im optimalen Bereich gehalten werden. Bei steigender Last wird die Dieseldrehzahl angehoben, bis an einem Synchronpunkt der Übergang auf rein mechanische Leistungsübertragung erfolgt und dafür der hydraulische Teil des Getriebes deaktiviert wird. Während des rein mechanischen Betriebes gerät der Dieselmotor bei hohen Lasten in Drückung, sodass der Fahrer wie üblich eine Rückmeldung über die Motorauslastung erhält. Energetische Vorteile ergeben sich insbesondere in Bereichen geringer Last [4]. Bereits 2002 stellte John Deere einen leistungsverzweigten Antrieb für die Vorpresswalzen des Häckslers vor. Ziel war hier aber die Möglichkeit zur stufenlosen Schnittlängeneinstellung [5].

Zwar werden für Verstellsysteme hydraulisch-mechanischer leistungsverzweigter Getriebe nur geringe Leistungen benötigt. Doch weil diese häufig bedarfsunabhängig permanent zur Verfügung gestellt werden, entstehen relevante Verluste in der Gesamtenergiebilanz des Antriebssystems. Um diese Verluste zu reduzieren stellte ZF auf der Agritechnica ein Niederdrucksystem vor, in dem der Druck von 24 bar im Stillstand auf 10 bar abgesenkt werden kann. Dafür wird elektrisch die Vorspannung des bestimmenden Druckbegrenzungsventils (DBV) verändert. Da das System stets vorgespannt ist, werden gleichwohl die dynamischen Anforderungen an die Speisedruckversorgung erfüllt [2].

Elektrisch-hydraulische Antriebstechnologie

Hydraulische und mechanische Antriebssysteme stellen aufgrund ihrer bekannten Eigenschaften nach wie vor die beiden bedeutendsten Technologien dar, wenn in mobilen Applikationen große Leistungsdichte bei guter Effizienz gefordert wird. Dennoch zeigt sich, dass für Aktoren der unteren Leistungsklasse (Stellantriebe) elektrische oder elektrohydraulische Lösungen eine Alternative darstellen. Sie bieten die Vorteile hoher Dynamik- und Regelgüte sowie sehr hoher Effizienz in Applikationen mit großen Standby-Anteilen. Werden translatorische Bewegungen gefordert, stellen dezentrale, elektrisch angetriebene Pumpe-Zylinder-Einheiten eine Alternative dar, welche Synergien beider Antriebstechnologien nutzen. Besonders die komplexen Strukturen bei Selbstfahrern können von der höheren Netzwerkfähigkeit dieses Ansatzes profitieren. Bietet ein Traktor keine ausreichende elektrische Schnittstelle, können geregelte elektrisch-hydraulische Generatoreinheiten auf den Anbaugeräten eine geeignete Lösung darstellen [6].

Die große Anzahl von (Differential-)Zylinderantrieben an den Arbeitsaggregaten von Landmaschinen rechtfertigt Untersuchungen an neuartigen Antriebskonzepten. Ein Ansatz zu diesen kompakten Lineareinheiten sieht den Einsatz eines drehzahlvariablen Servomotors und dreier Konstanteinheiten vor (**Bild 1**). Jedem Zylinderanschluss ist eine eigene Einheit zugeordnet, deren Hubvolumina dabei dem Zylinderflächenverhältnis entsprechen. Die zu-

sätzliche Einheit hat die Aufgabe betriebspunktabhängige Leckage der Einheiten selbst sowie des Zylinders auszugleichen, damit es nicht zu Kavitationsproblemen oder unkontrollierten Druckanstiegen kommt. Überschüssiger Volumenstrom der dritten Einheit muss dennoch abgedrosselt werden. Die Dimensionierung der Einheiten erfolgt mittels einer Optimierung hinsichtlich Mindestdruck, Drosselverluste und Zylindergeschwindigkeit. Der Ansatz ist bezüglich Dämpfung und Regelgenauigkeit mit einem konventionellen ventilgesteuerten Zylinderantrieb vergleichbar, jedoch in vielen Betriebsbereichen effizienter [7].

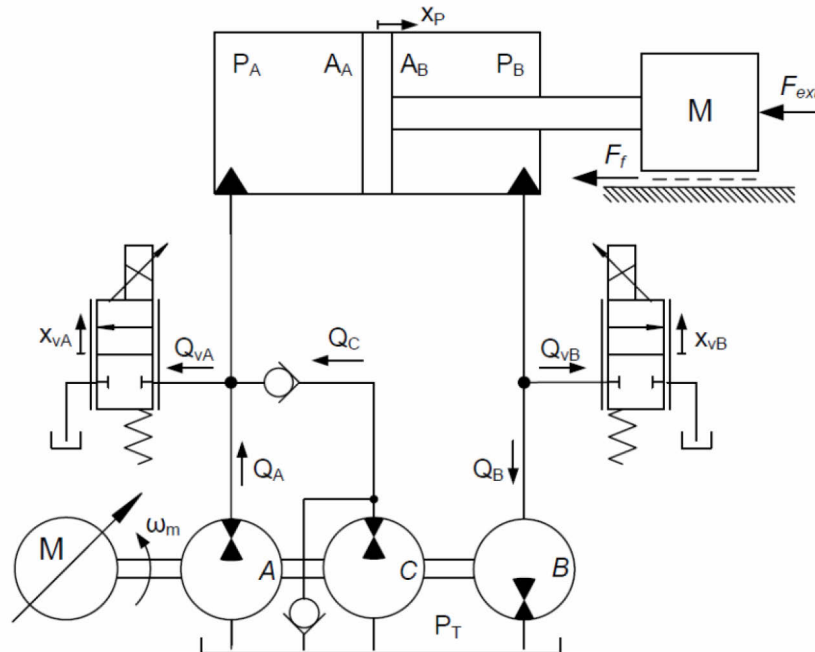


Bild 1: Drehzahlvariabler Pumpenantrieb mit zwei Haupteinheiten und einer Hilfseinheit [7]

Figure 1: Speed variable pump drive with two main units and one auxiliary unit [7]

Elektronische Steuerungssysteme

In konventionellen Antriebssystemen führt eine intelligente Steuerung der Gesamtmaschine zu Vorteilen in Effizienz und Handhabung. Ein Beispiel dafür ist das übergreifende Managementsystem Best Point Control von Danfoss. Mit dem Ziel der Effizienzoptimierung werden unter Berücksichtigung der verschiedenen Verlustcharakteristika die Betriebspunkte des hydrostatischen Antriebsstrangs und des Dieselmotors miteinander abgestimmt. Bei hohen Lastanforderungen wird zum Zwecke der verbesserten Maschinenhandhabung von der effizienzoptimalen Einstellung abgewichen und dafür eine höhere Drehmomentreserve am Dieselmotor eingestellt [2].

Kjelland und Hansen untersuchten Maßnahmen zur aktiven Schwingungsvermeidung beim hydraulischen Drehantrieb eines Ladekrans. Der Ansatz besteht zum einen in der Einbindung der Lastdruckinformation in die elektronische Ventilansteuerung ("pressure feedback"). Zum anderen wird über zwei aufeinanderfolgende Soll-Impulse bestimmter Amplitude und bestimmten Zeitabstandes das Eingangssignal derart modifiziert, das einer Entstehung von Schwingungen entgegengewirkt wird ("input shaping"). Letzteres erfordert die Kenntnis der

Systemeigenfrequenz und -dämpfung. Mit der Kombination beider Prinzipie gelingt es, sowohl im Bereich kleiner als auch großer Sollgeschwindigkeiten das Schwingungsverhalten deutlich zu verbessern [8].

Hydraulische Hybridtechnik

Hybridsysteme mit nennenswertem Leistungsdurchsatz haben sich bislang nicht in Traktoren oder Landmaschinen durchgesetzt, da die Leistungszyklen bzw. Einsatzprofile der Maschinen je nach Aufgabe und Einsatzbedingungen zu stark variieren oder quasistationäre Zustände beschreiben. Dies erschwert die Dimensionierung und die Führung des Speicherladezustandes sowie die Realisierung effizienter Betriebsstrategien. Ferner sind Betriebspunktverschiebungen des Verbrennungsmotors problematisch, weil zahlreiche Prozessaggregate fest an die VKM-Drehzahl gekoppelt sind und keine Variation erlauben. Der hohe Rollwiderstand im Offroad-Einsatz widerspricht zudem Rekuperationsansätzen in Fahrantrieben; mit nur wenigen Ausnahmen (z.B. Forst- oder Frontladerarbeiten) bietet sich auch keine Rekuperation aus der Arbeitshydraulik an.

In dieser Nische wurde von [9] ein hydraulischer Parallel-Hybrid für einen Holzvollernter vorgestellt und erste Ergebnisse präsentiert. Das System zielt auf eine Phlegmatisierung und ein Downsizing der VKM sowie auf die Nutzung von Rekuperationspotential ab. Zusätzlich zur konventionellen Verstellpumpe (offener Kreislauf) wird eine durchschwenkbare Einheit für den geschlossenen Kreis zur Versorgung des Arbeitskopfes verbaut, welche zum einen mit der Pumpendruckleitung zum anderen mit einem Blasenspeicher verbunden ist. Dieser ist als Schaumpeicher ausgeführt und besitzt gerade bei dynamischen Lastspielen eine höhere Effizienz gegenüber konventionellen Blasenspeichern aufgrund einer größeren Wärmekapazität und Isolationswirkung [10]. Messergebnisse bestätigen die gewünschte Gesamtfunktionalität, die Phlegmatisierung der VKM sowie die Drehmomentunterstützung durch die zusätzliche Einheit. Da die Schwenkzeiten dieser Einheit zu groß waren, wurde ein Bypass zwischen Speicher und Hochdruckseite integriert.

In einem Forschungsvorhaben zu hybriden Fahrantrieben wurde ein geschlossener Kreis durch eine weitere Verdrängereinheit sowie einen Nieder- und Hochdruckspeicher (HD) zu einem seriellen Hybrid erweitert. Durch die Parallelschaltung mit dem konventionell vorhandenen Hydromotor entsteht ein Allradantrieb mit Längsdifferential (**Bild 2**). Beide Achsen können durch Laden des HD-Speichers Bremsenergie rückgewinnen, während nur eine im motorischen Betrieb Energie dem Speicher entnehmen kann. Beide beschriebenen Modi werden durch eine Drehmomentregelung realisiert. Im Vordergrund steht eine Methode zur Untersuchung des Einflusses der Hydrostatenbaugrößen, des HD-Speichervolumens und dessen Vorspannung auf Effizienz und Performance des Systems. Relativ kleine Hydromotoren führen zu effizienten Konstellationen, wohingegen diese für ein hohes Beschleunigungsvermögen stets die gesamte VKM-Leistung übertragen können müssen. Das Speichervolumen hat nur einen geringen Einfluss auf die Effizienz, verständlicherweise aber einen großen Einfluss auf die Beschleunigung aufgrund des höheren Energieinhaltes bei größerer Bauform. Die Vorspannung des HD-Speichers sollte für beide Kriterien relativ gering gewählt werden [11].

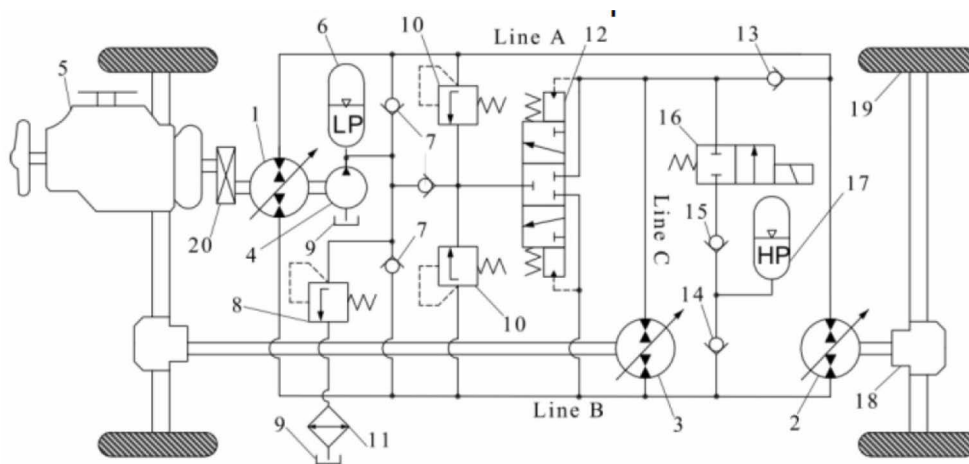


Bild 2: Konzept eines seriellen Allrad-Hybrids [11]

Figure 2: Four-Wheel-Drive series hybrid concept [11]

Weitergehende Forschungs- und Entwicklungsarbeit betrifft auch das Prinzip des Mehrkammer-Kolbenspeichers. Mit der Zu- und Abschaltung einer oder mehrerer Kolbenkammern vom Systemdruck- und Tankdruckanschluss wird eine Druckübersetzung erreicht und der Speicher kann auch dann genutzt werden, wenn der Systemdruck unterhalb des Speicherdrucks auf der Gasseite liegt. Um das Potential des Konzepts gegenüber herkömmlicher Speichertechnik zur Energierückgewinnung voll ausnutzen zu können, wird eine Reduzierung der Strömungsverluste über den verwendeten druckkompensierten Sitzventilen als wesentliche Herausforderung identifiziert [12].

Verdrängersteuerungen

Verdrängergesteuerte Systeme besitzen in der hydraulischen Antriebstechnik die höchste Effizienz, weil sie keine systembedingten Verluste aufweisen. Als nachteilig sind jedoch die geringe Systemdämpfung und die große Anzahl der erforderlichen (Verstell-)Pumpen zu nennen. In hydrostatischen (leistungsverzweigten) Fahrtrieben ist die Verdrängersteuerung als Primär- und Sekundärsteuerung im geschlossenen Kreis seit vielen Jahren Stand der Technik, im offenen Kreis ist hier die Sekundärdrehzahlregelung am Konstantdrucksystem eine Alternative zum Konstantstrom- oder Load-Sensing-System (LS). Dies wurde von Dreher [13] am Beispiel drehzahlvariabler Düngestreuer untersucht und mit dem Verhalten eines Closed Center LS-System verglichen. Die Verstellpumpe des Traktors wurde auf 210 bar (Nenndruck) geregelt und die Wurfscheiben und das Rührwerk mithilfe von Schrägscheibenmotoren sekundär geregelt. Die Regelgüte des verwendeten PI-Reglers zeigt ein mit dem LS-System vergleichbares Niveau, jedoch konnten die erwarteten Effizienzvorteile in Experimenten besonders bei geringen Leistungen nicht bestätigt werden, da die Motoren hier bei geringen Schwenkwinkeln mit geringer Effizienz arbeiten. Als vorteilhaft wird eine dynamische Anpassung des Druckniveaus herausgestellt, sodass immer einer der Verstellmotoren voll aufgeschwenkt ist.

Hydrostatische Komponenten

Mehrere Produktneuvorstellungen im Bereich Komponenten zielen darauf ab, die Modularität und Leistungsdichte hydrostatischer Antriebe weiter zu steigern.

So präsentierte HYDAC mit dem „Smartzylinder“ einen kompakten hydraulischen Linearantrieb, der erstmals für die Scharverstellung einer Einzelkornsämaschine entwickelt wurde. Es handelt sich um ein Modul bestehend aus einem Differentialzylinder mit zugehörigem Wegeventil sowie Druck- und Wegsensorik. Die integrierte Regelelektronik wird über CAN/ISOBUS angesprochen. Durch die Onboard-Ventilsteuerung können mehrere Einheiten parallel über eine Hochdruck- und Niederdruckleitung versorgt werden, was den Aufwand für Verrohrung bzw. Verschlauchung auf der Maschine deutlich reduziert. Durch die einheitliche Regelstrecke zwischen Ventil und Aktuator kann zudem eine hohe Regelgüte erreicht werden. Es ist sowohl eine Kraft- als auch eine Positionsregelung möglich [2].

Im Bereich der Hydrostaten stellte Linde Hydraulics den Doppelmotor „HMV105D“ in Schrägscheibenbauweise vor. Darin arbeiten zwei Rotationsgruppen mit einer gemeinsamen Schrägscheibe („Face-to-Face“-Anordnung, **Bild 3**) und folglich einer gemeinsamen Schluckvolumenverstellung. Mit einem gemeinsamen Hochdruckanschluss ist die Einheit für den Einkreisbetrieb vorgesehen und verhält sich makroskopisch wie ein konventioneller Schrägscheibenmotor mit nur einem Zylinderblock. Im Vergleich zu klassischen Doppelseinheiten in Tandem- oder Back-To-Back-Anordnung ermöglicht die gemeinsame Schrägscheibe die Kompensation der radialen Kraftanteile zur Drehmomenterzeugung und damit eine verlustarme Triebwellenlagerung. Durch die Ausführung als Doppelmotor werden die Leistungsverluste gegenüber einem gleichgroßen Einzelmotor vermindert und eine höhere Nenndrehzahl erreicht [14].

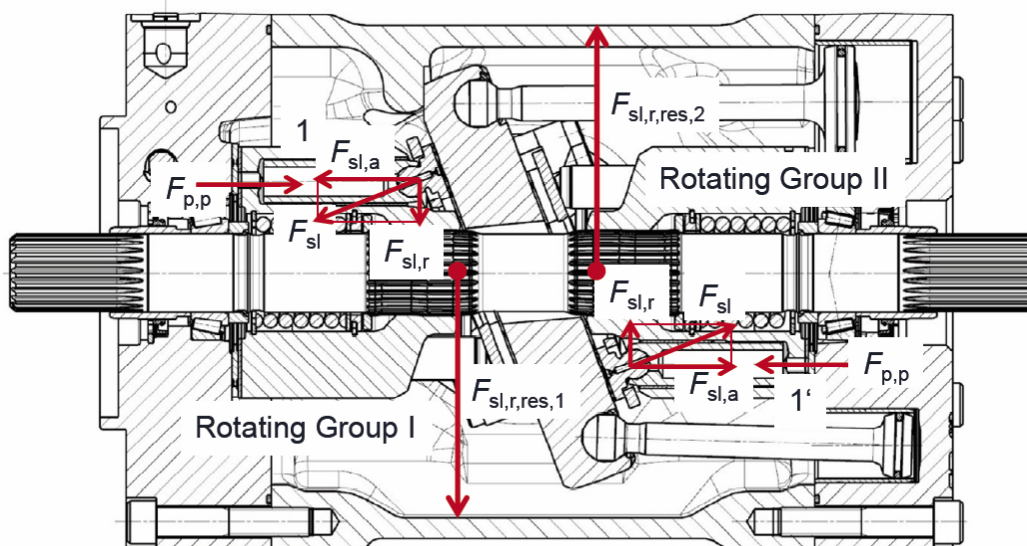


Bild 3: Doppelmotor HMV105D in Schrägscheibenbauweise [14]

Figure 3: Double motor in swashplate design [14]

Neben der Leistungsdichte ist die Steuerungs- und Regeldynamik hydrostatischer Antriebe weiterhin Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Seitens der Hydrostaten wurde von Bosch Rexroth eine Lösung präsentiert, wie eine 90 cm³ Schrägscheibeneinheit mit Niederdruckverstellung in rund 45 ms von Voll-auf Nullhub geschwenkt werden kann. Bei der Anwendung handelt es sich um die Schnellstopp-Funktion für den Einzug eines Feldhäckslers, die ansonsten serienmäßig durch Einsatz eines großdimensionierten, schnellschaltenden Ventils im Hauptstrom realisiert wird.

Für die Schnellverstellung des Hydrostaten wird über einen kleineren Stellzylinder und stärkere Federn zum einen unmittelbar die Kraft- und Bewegungserzeugung modifiziert. Zum anderen werden die Druckverluste im Stellsystem reduziert, unter anderem durch eine direkte Rückführung des abfließenden Stellvolumenstroms zum Tank. Des Weiteren wird parallel zum Pumpenansteuergerät über ein Schnellschaltventil Hydrauliköl direkt in die Stellzylinderkammern geleitet, um die Schwenkzeit weiter zu verkürzen. Für den kurzfristig erhöhten Bedarf an Verstellleistung wird in der vorliegenden Anwendung der extern bereitgestellte Steuerdruck von 30 auf 40 bar erhöht sowie ein Hydrospeicher (Volumen: 1 l) eingesetzt. Der Bedarf an Stellenergie soll nicht höher sein als in der Referenz-Einheit, wobei in der konkreten Anwendung der Stelldruck von 40 bar mittels Konstantpumpe und direktbetätigtem DBV erzeugt wird [15].

Zusammenfassung

Im Jahr 2015 waren anhand von Forschungs- und Produktveröffentlichungen drei Trends auszumachen. Es sind weiterhin Beiträge zur hydraulischen Hybridisierung sowohl von Fahr- als auch Arbeitsantrieben zu verzeichnen. Leistungsverzweigte Getriebe kommen zunehmend auch auf Anbaugeräten mit Nutzung mehrerer Traktorschnittstellen und für Arbeitsaggregate von Selbstfahrern zum Einsatz. Schließlich werden auch im Bereich der Komponenten neue Ansätze verfolgt, um beispielsweise ihre Leistungsdichte zu erhöhen oder ihren Einsatzbereich auszudehnen.

Literatur

- [1] Wichers, R.: Kein Wachstum in Sicht. In: Fluid Markt 2016, Dezember 2015, S. 14-20.
- [2] Hartmann, K. et al.: Agritechnica 2015: Die Highlights, Ölhydraulik + Pneumatik 2016, H. 1-2, S. 82-89.
- [3] Bögel, T., et.al.: Leistungssummierung für landtechnische Arbeitsgeräte am Beispiel des Ladewagens. 16. Antriebstechnisches Kolloquium, ATK, 03.-04.03.2015, Aachen.
- [4] Böckemeyer, D.: Research of continuous variable transmission for efficiency improvements of self-propelled forage harvesters, 73. internationale Tagung LAND.technik-AgEng (VDI-MEG), 6.-7. November, 2015, S. 53-58.
- [5] Eikel, G.: Der Pfiff steckt im Detail. Profi 09/2002, S. 35-37.
- [6] Labenda, P.: Synergetic utilization of hydraulic, electric and electro-hydraulic drive and control systems in agricultural vehicles, 73. internationale Tagung LAND.technik-AgEng (VDI-MEG), 6.-7. November, 2015, Hannover, S. 77-82.
- [7] Schmidt, L., et al.: Speed-variable switched differential pump system for direct operation of hydraulic cylinders, FPMC 2015, Proceedings of the ASME/BATH 2015 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 12.-14.10.2015, Chicago.
- [8] Kjelland, M.; Hansen, M.: Using input shaping and pressure feedback to suppress oscillations in slewing motion of lightweight flexible hydraulic crane, in: International Journal of Fluid Power, 2015, Vol. 16, Nr. 3, S. 141-148.
- [9] Einola, K., Kivi A.: First experimental results of a hydraulic hybrid concept system for a cut-to-length forest harvester, 14th SICFP 2015, Proceedings of the 14th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 20.-22.05.2015, Tampere.
- [10] Feld D., Keßler M.: Hydrospeicher mit schaumgefüllter Blase: Leistungsspeicher mit erhöhter Energiekapazität, 5. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, KIT Scientific Publishing, 25.02.2015, Karlsruhe, S. 107-126.
- [11] Bleazard T., et al.: Optimal control and performance based design of the blended hydraulic hybrid, FPMC 2015, Proceedings of the ASME/BATH 2015 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 12.-14.10.2015, Chicago.
- [12] Stauch, C.; Rudolph, J.: Energy saving using a multi chamber accumulator: Experimental results and proof of concept, The Fourteenth Scandinavian International Conference on Fluid Power, May 20-22, 2015, Tampere, Finland.
- [13] Dreher, T.: Energieeffizienz von Konstantdrucksystemen mit sekundärgeregelten Antrieben beim Einsatz in mobilen Arbeitsmaschinen, Dissertation, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
- [14] Lasaar, R., Schneider, H., Dückinghaus, H.: Development of a new hydrostatic motor in swashplate design, 73. internationale Tagung LAND.technik-AgEng (VDI-MEG), 6.-7. November, Hannover, 2015.
- [15] Rapp, T.: Two loops – five functions: New hydraulic design and components for self-propelled Harvesters, 73. internationale Tagung LAND.technik-AgEng (VDI-MEG), 6.-7. November, Hannover, 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 17.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hartmann, Karl; Roos, Lennart; Untch, Johannes: Hydraulische Antriebe. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055112>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/237.html>

Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz

Maximilian Sieting, Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer
Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

Kurzfassung

Die Bestrebung das Fahrverhalten bzw. die Fahrdynamik von Traktoren weiter zu verbessern – insbesondere um die Traktion zwischen Rad und Untergrund bei der Feldarbeit zu optimieren – stellt einen wichtigen Bestandteil der aktuellen Forschung dar. Das gilt in besonderer Weise auch im Hinblick auf die Reduzierung des Energieverbrauchs und des Schadstoffausstoßes. Daneben werden auch der Fahrkomfort und die Fahrsicherheit von Nutzfahrzeugen in aktuellen Untersuchungen thematisiert. Wichtige Punkte hierbei sind die Weiterentwicklung der z.T. noch unbefriedigenden Bewertungsmöglichkeiten von Ganzkörpervibrationen und der damit verbundenen Gesundheitsrisiken sowie der Möglichkeiten zur Erhöhung der Fahrzeugstabilität bzw. der Vermeidung von Instabilitäten während der Fahrt.

Schlüsselwörter

Fahrsicherheit, Fahrwerk, Sicherheitssystem, Traktor, Fahrersitz, Fahrzeugkabine

Ride Dynamics Ride Safety - Driver's Place

Maximilian Sieting, Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer
Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

Abstract

The goal of improving the handling and the driving dynamics of tractors – especially to increase traction between the wheel and the underground during field work – is an important part of current research (mainly with regard to reducing energy consumption and exhaust emissions). Driving comfort and safety of commercial vehicles are also in the focus of current research activities. Important issues are the further development of partly unsatisfying valuation methods of whole body vibrations and the involved health risks as well as the possibilities to increase vehicle stability while driving.

Keywords

ride safety, suspension, safety system, farm tractor, driver's seat, vehicle cab

Fahrsicherheit - Fahrkomfort

Fahrerinnen und Fahrer landwirtschaftlicher Nutzfahrzeuge sind einer vergleichsweise hohen körperlichen Belastung durch Ganzkörpervibrationen unterworfen. Diese zu reduzieren, ist eines der Ziele für die Entwicklung schwingungsreduzierender bzw. -isolierender Fahrwerks-, Kabinen- und Fahrersitzfederungen. Die Effektivität der jeweiligen Systeme bezüglich einer Reduzierung von Ganzkörpervibrationen kann z.B. anhand von Beschleunigungsmessungen am Fahrersitz, wie sie in der ISO 5008 [1] festgelegt sind, quantifiziert werden. Die verschiedenen, für die Auswertung zur Verfügung stehenden Berechnungsansätze erschweren allerdings eine einheitliche Bewertung des Schädigungsrisikos, was Rantaharju et al. in ihrer Studie [2] untersuchen. In dieser werden verschiedene Berechnungsansätze zur Bewertung der Ganzkörpervibration von Fahrern unterschiedlicher Fahrzeugtypen gegenübergestellt (ISO 2631-1 (1997) [3], BS 6841 (1987) [4], ISO 2631-5 (2004) [5], 'G-method' [6], DIN SPEC 45697 (2012) [7]). Ziel der Untersuchung war es, die Unterschiede bzw. Besonderheiten der jeweiligen Bewertungsmethoden sowohl im Hinblick auf die betrachteten Fahrzeugtypen als auch unter kontrollierter Einbeziehung kurzzeitig auftretender Beschleunigungsspitzen herauszuarbeiten. Die ausgewerteten Daten wurden an 13 verschiedenen Fahrzeugtypen mit Hilfe eines Sitz-Beschleunigungsaufnehmers gemessen und anhand von Videoaufzeichnungen analysiert, um geeignete Ausschnitte der Messdaten für die Schwingungsbewertung zu extrahieren. Es konnte festgehalten werden, dass eine valide Aussage über die tatsächlichen Gesundheitsschädigungen durch Ganzkörpervibrationen allein auf Grundlage der jeweiligen Bewertungsmethoden schwierig ist und dass weiterführende Betrachtungen von biomechanischen und medizinischen Zusammenhängen für eine geeignete Modellbildung und damit der Verbesserung von Bewertungsmethoden erforderlich ist.

Die Kondition, die Haltung sowie die Bewegungsabläufe der fahrzeugführenden Personen während der Fahrt haben einen signifikanten Einfluss auf die Übertragung der Fahrzeugschwingung auf den Körper, wie u.a. Raffler et al. in [8] beschreiben. Im Rahmen dieser Studie wurden die subjektiv wahrgenommenen Ganzkörpervibrationen von Berufskraftfahrerinnen bzw. -fahrern, Lokomotiv- und Kranführerinnen und -führern erhoben und der Einfluss der spezifischen Körperbewegungen zur Bedienung der Fahrzeuge auf die Wahrnehmung dieser Vibrationen untersucht. Die Körperhaltung sowie die Bewegungsabläufe wurden durch ein Messsystem ermittelt, dass an der fahrzeugführenden Person angebracht wurde (**Bild 1**). Zur Quantifizierung der auf die Person übertragenen Anregungen wurden die Beschleunigungen am Sitz gemessen. Während die gewichtete mittlere Beschleunigung der jeweiligen Fahrzeuge vergleichbar war, ergab die statistische Auswertung der Fragebögen, dass die Schwingungsbelastung von den fahrzeugführenden Personen aller Fahrzeuggruppen höher eingeschätzt wurde als es die Klassifikation der gemessenen Beschleunigungswerte ergab. Auch wurden die unterschiedlichen Körperbewegungen der Personen einzelner Fahrzeugtypen hervorgehoben und die Vermutung geäußert, dass ausfallende Körperbewegungen die wahrgenommenen Ganzkörpervibrationen erhöhen. Wesentlich scheint zu sein, dass der, nach den angeführten Normen, ermittelte Beschleunigungswert keine ausreichende Bewertung der wahrgenommenen und möglicherweise auch der tatsächlich auftretenden Körper-

vibrationen erlaubt, was für die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen der Thematik spricht.



Bild 1: CUELA Messsystem zur Erfassung von Körperbewegungen (CUELA: Computer-Unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems [8])

Figure 1: Equipment to measure body movement (CUELA: computer-based acquisition and long-term analysis of the musculoskeletal system [8])

Auch wenn eine zufriedenstellende Beurteilung der tatsächlichen Fahrerbelastung auf Grundlage der etablierten Methoden scheinbar schwierig ist, ist die Reduzierung der Schwingungsbelastung durch die Nutzung schwingungsdämpfender bzw. -isolierenden Maßnahmen unumstritten. Inwiefern das Wohlbefinden mit den gemessenen Beschleunigungswerten in Verbindung gebracht werden kann ist u.a. Gegenstand der Untersuchungen von Caffaro [9]. In der Studie wurde der Einfluss der hydropneumatischen Kabinenfederung eines Teleskopladlers auf die Schwingungsbeeinflussung und den Komfort untersucht. Dabei wurden das Übertragungsverhalten zwischen Fahrzeug und der fahrzeugführenden Person, das subjektive Komfortempfinden als auch die physischen Eigenschaften der Person analysiert und in Zusammenhang gebracht. Die auf die fahrzeugführende Person übertragenen Vibrationen wurden mit Beschleunigungssensoren auf dem Fahrersitz, dem Kabinenboden und am Rahmen des Teleskopladlers quantifiziert. Die Daten wurden anhand von 100 Fahrten über einen ISO smoother track [10] bei 5 und 12 km/h jeweils mit starrer und gefederter Kabine erhoben. Anhand der Beschleunigungsdaten konnte die Effektivität der Kabinenfederung für die Schwingungsisolierung der fahrzeugführenden Person bestätigt und damit die Wichtigkeit der Verwendung solcher Systeme unterstrichen werden. Zugleich konnte anhand der Ergebnisse der Befragung von 16 Probanden festgestellt werden, dass die Verwendung der Kabinenfederung keinen Einfluss auf das subjektive Komfortempfinden hatte, wobei ein höherer BMI (Body-Mass-Index) den wahrgenommenen Komfort erhöhte.

Der Einsatz hydropneumatischer Federungssysteme erfordert in vielen Fällen die Nutzung geeigneter Berechnungsmodelle, um möglichst optimale Systemeigenschaften im Rahmen einer Entwicklung hervorzuheben. Besonders für den Einsatz geregelter Federungssysteme ist es auf Grund der dynamischen Wechselwirkungen wichtig, das Verhalten der hydropneumatischen Komponenten adäquat beschreiben zu können. Im Kontext dieser Anforderung untersuchen van der Westhuizen und Els [11] die Abbildungsgüte verschiedener Gasmodelle für die Simulation hydropneumatischer Fahrwerke in Off-Road-Fahrzeugen. Gegen-

stand der Untersuchung ist ein semiaktives, zwischen vier Zuständen umschaltbares Fahrwerk, das von Els entwickelt wurde (**Bild 2**). Kernpunkte der Betrachtungen sind zum einen die Beschreibung der Gasvolumina anhand von mathematischen Formulierungen idealer und realer Gase und zum anderen die Berücksichtigung der Energieübertragung zwischen dem Gas und seiner Umgebung. Die für die numerische Simulation erforderlichen Parameter des vorliegenden Federungssystems wurden anhand von Laborversuchen ermittelt, wobei die Dämpfung soweit es ging im System reduziert wurde. In einem nächsten Schritt wurden die Ergebnisse der Modellrechnung des Federungssystems mit denen des Laborversuchs verglichen. Als ein Ergebnis aus diesem Vergleich konnte festgehalten werden, dass die "Realgas"-Formulierungen in Verbindung mit einer Berücksichtigung energetischer Einflüsse zu den besten Ergebnissen führte und dass die "Idealgas"-Formulierung in Verbindung mit der Energiebetrachtung nur geringfügig ungenauere Ergebnisse lieferte.

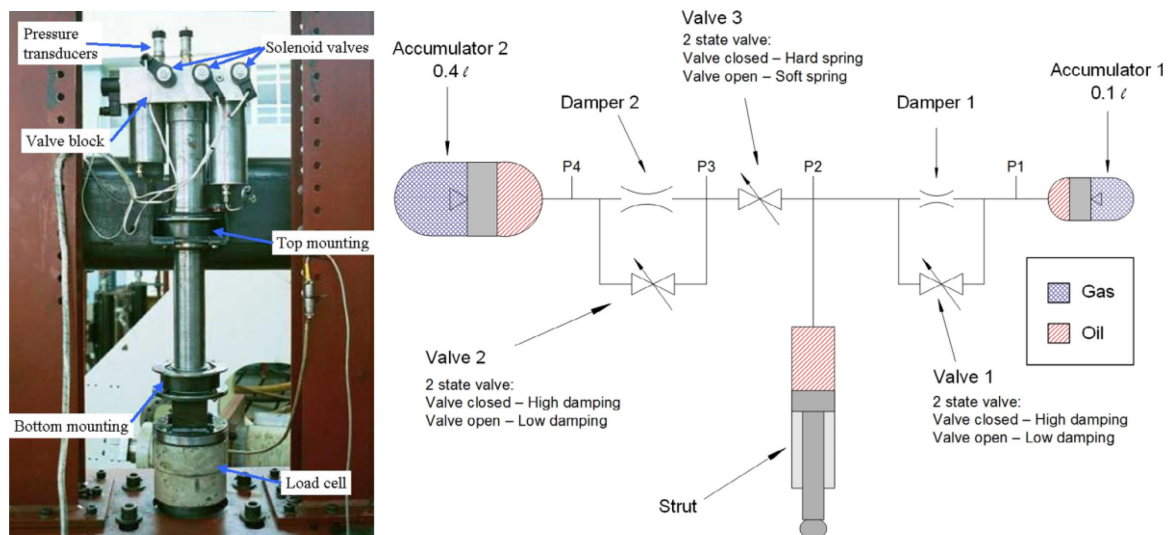


Bild 2: links: Versuchsaufbau des Hydraulikzylinders, rechts: Schaltplan des verwendeten hydro-pneumatischen Fahrwerks [11]

Figure 2: left: Experimental test setup, right: Schematic diagram of the hydro-pneumatic suspension [11]

Für die meisten, mit dem Traktor durchgeführten Arbeiten sind Fahrbahnunebenheiten maßgeblich für die Anregung von Ganzkörperschwingungen der fahrzeugführenden Person. Sowohl die aus der vertikalen Fahrzeugbewegung resultierenden Beschleunigungen in z-Richtung (nach [3]) als auch die horizontalen Beschleunigungen in y-Richtung, die sich auf Grund der Rollbewegung ergeben, sind in diesen Fällen relevant. Bei einigen Arbeitsabläufen kann aber die Kopplung von Traktor und Anbaugerät zu erhöhten Längsbeschleunigungen führen, die einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Ganzkörperschwingung haben können, wie Langer, Ebbesen und Kordestani [12] in ihrer Untersuchung an einem Traktor-Ballenpresse-Gespann zeigen konnten. Speziell die durch den Pressvorgang auf den Traktor übertragenen Impulse waren hierfür relevant. Im Fokus dieser Arbeit stand die Überprüfung der Hypothesen, dass das Zu- bzw. Abschalten eines Allradantriebs sowie dass das Herauf- oder Herunterfahren an einem Hang Einfluss auf die Längsdynamik bezüglich der Schwingungsübertragung hat. Anhand von Messungen der Sitzbeschleunigungen konnte festge-

stellt werden, dass es eine signifikante Zunahme der Ganzkörpervibrationen beim Herunterfahren eines Hügels im Vergleich zur Aufwärtsfahrt mit Allradantrieb gibt. Die Annahme, dass die Abschaltung des Allradantriebs die Ganzkörpervibrationen verringert, konnte nicht nachgewiesen werden.

Neben der Untersuchung körperlicher Belastungen der fahrzeugführenden Personen ist auch die fahrdynamische Sicherheit Gegenstand aktueller Forschung. Zhen Li et al. [13] untersuchen die dynamischen Zusammenhänge von Traktorüberschlägen, die auf Grund von Kurvenfahrten über Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden, um Stabilitätsfaktoren für den Überschlag bzw. das Ausbrechen des Fahrzeugs angeben zu können. Als Grundlage für die Untersuchung dient das dreidimensionale Mehrkörpermodell eines Standardtraktors mit pendelnd gelagerter Vorderachse. Als erstes Stabilitätskriterium wird das Verhältnis von dynamischer zur statischen Radaufstandskraft angegeben wodurch ein kritischer Zustand anhand eines kleinen Verhältnisses gekennzeichnet wird. Das zweite Kriterium wird aus dem Verhältnis der vorhandenen Querkraft zur übertragbaren Seitenführungskraft der jeweiligen Räder errechnet, wobei eine querkraftfreie Fahrt durch einen Faktor von 1 gekennzeichnet wird. Die Autoren schlagen vor, die angeführten Stabilitätskriterien zu verwenden, um den Fahrer durch Informationen zum aktuellen Stabilitätsverhältnis vor Überschlägen bzw. einem Ausbrechen des Traktors zu warnen.

Im Sinne der Entwicklung und Auslegung von Traktorkabinenstrukturen stellen Sergio Baragetti et.al. [14] ihr Vorgehen bei der Erstellung des FE-Modells einer Traktorkabine (SAME Deutz-Fahr GC8) zur numerischen Analyse eines Traktorüberschlags anhand der Vorgaben des OECD Code 4 [15] vor. Ein Hauptaugenmerk der Arbeit lag auf der Erzeugung eines möglichst effektiv zu berechnenden Modells, was durch Verwendung verschiedener Vereinfachungen und von Simulationselementen erreicht wurde. Wesentlich hierbei waren die Selektion verformungsrelevanter Baugruppen, die Verwendung von Schalenelementen mit nichtlinearem Spannungs-Dehnungs-Verhalten, die Berücksichtigung der Schweißnähte und anderer Verbindungen durch Nutzung einfacher Elementkontakte bzw. Elementtypen und die starke Eingrenzung von Bereichen mit Deformationskontakten. Zur Ermittlung der mechanischen Materialeigenschaften wurden Zugversuche durchgeführt deren Ergebnisse mit denen eines FE-Modells der Zugprobe verglichen wurde. Die Ergebnisse der FE-Simulation wurden mit den Ergebnissen aus Laborversuchen an der Kabine verglichen, um die Qualität der Simulation beurteilen zu können.

Kleintraktoren für den Wein- und Obstanbau sind im Gegensatz zu Standardtraktoren in der Regel mit einem klappbaren Überrollschutzmechanismus (ROPS) ausgestattet, um die Arbeit in beengten Situationen zu ermöglichen. Viele tödliche Unfälle resultieren aus fehlerhaftem Umgang mit diesen Systemen. Ballesteros et al. [16] testen daher verschiedene automatisch ausfahrende Überrollschutzsysteme. An drei verschiedenen Mechanismen werden unterschiedliche Gasgeneratoren verwendet, um die jeweils am besten geeignete Position und Anzahl dieser zu untersuchen. Mit Hilfe von praktischen Versuchen an einem Quad sowie Simulationen wird eine Einhaltung der aktuellen Standards für Überrollschutzsysteme nachgewiesen.

Fahrndynamik

Neben der Fahrsicherheit beeinflusst der Rad-Bodenkontakt in hohem Maße die Güte der Leistungsübertragung des Traktors. Auf Grund des vergleichsweise hohen Energieeinsparpotentials durch eine Reduzierung des Radschlupfes, steht die Optimierung des Rad-Bodenkontaktes und damit auch deren adäquate Beschreibung im Fokus aktueller Forschungsarbeiten.

Taghavifar und Mardani [17] z.B. untersuchen die Einflüsse auf den Zugenergiebedarf eines angetriebenen Traktorrades anhand von Laborversuchen (**Bild 3**) und einer adaptiven netzwerkbasierten Fuzzylogik (ANFIS: adaptive neuro-fuzzy inference system). Damit verfolgen sie einen "soft computing"-Ansatz, um den mathematisch schwierig zu beschreibenden Rad-Boden-Kontakt zu handhaben und die Zugenergie berechnen zu können. Als wesentliche Einflussgrößen werden die Radgeschwindigkeit, die vertikale Radlast und der Schlupf betrachtet. Diese werden, als voneinander unabhängige Parameter, mit jeweils 3 Werten am Einzelradversuchsstand eingestellt und die benötigte Zugenergie gemessen. Anhand der Versuchsdaten lässt sich das ANFIS parametrisieren und die Zugenergie berechnen.



Bild 3: Einzelrad-Versuchsstand zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Reifenparameter auf die Zugenergie [17]

Figure 3: Single wheel tester to determine the influence of different tire parameters on the drawbar pull energy [17]

In einer zuvor veröffentlichten Studie [18] untersuchen die Autoren auch die benötigte Energie eines angetriebenen Einzelrades zur Überfahrt eines Hindernisses abhängig von der Radgeschwindigkeit, der vertikalen Radlast, der Hindernisgeometrie und dem Radschlupf. Die Studie leistet damit einen Beitrag zur Untersuchung des Energiebedarfs von Traktorrädern, um auch die Effekte von Hindernisüberfahrten in die energetische Betrachtung von Traktorantrieben einzubeziehen.

Einen interessanten Ansatz zur Verbesserung der Leistungsübertragung zwischen Fahrzeug und Untergrund stellt die Fa. Claas auf der 73. Tagung Land.Technik vor [19]. Hierbei wird der Ansatz verfolgt, durch Verwendung von, in einer Serienproduktion geeigneten, magnetoresistiven Sensoren das Antriebsdrehmoment, die Zug- sowie die Radaufstandskraft an der Hinterachse messbar zu machen (**Bild 4**). Anhand dieser Werte ließe sich der aktuelle Traktionswirkungsgrad bestimmen und abhängig davon eine optimale Anpassung der Arbeits- bzw. Fahrzeugparameter, wie z.B. dem Reifenluftdruck, vornehmen.

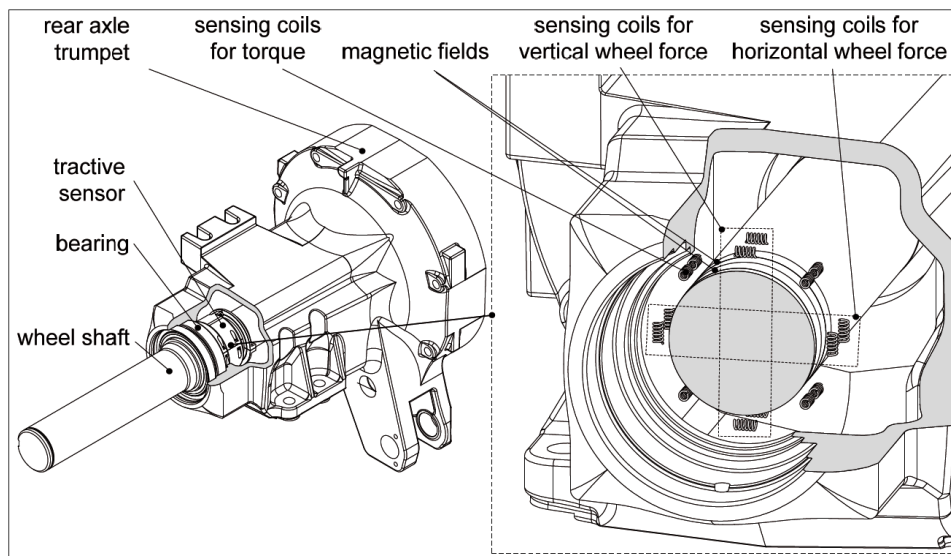


Bild 4: Anordnung von magnetoresistiven Sensoren im Antriebsstrang zur Messung von Kräften und Momenten an einer Traktorhinterachse [19]

Figure 4: Sensors and their location in the drive train to measure forces and torques at a tractor rear axle [19]

Die Fa. AGCO stellt auf der Tagung Land.Technik ein serienreifes Assistenzsystem für Traktoren vor, das dem Nutzer Hilfestellung bei der Festlegung eines geeigneten Reifenluftdrucks und der Anbringung von Hilfsgewichten zur Minimierung des Radschlupfes bei der Feldarbeit bietet [20]. Ansatz hierfür ist ein, auf Expertenwissen basierendes, Berechnungsprogramm das speziell für den jeweiligen Traktor parametrisiert ist und somit nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Informationen vom Nutzer als Eingabe benötigt. Nach Eingabe des Reifentyps, der Art der Arbeitsgeräatanbindung, der geschätzten Bodenfeuchte und z.B. der gewünschten Arbeitsgeschwindigkeit wird dem Nutzer ein Vorschlag für die Zusatzgewichte und die Reifenluftdrücke gemacht.

Eine Neuentwicklung im Bereich der hydropneumatischen Fahrwerke stellt die Fa. JCB auf der 73. Tagung Land.Technik vor [21]. Das für die Traktoren der Fastrac 4000-Reihe entwickelte System verfügt neben der Möglichkeit, die Federrate durch Änderung des Vorspanndrucks anzupassen über eine automatische Einstellmöglichkeit des Niveaus. Der Fahrzeugführer kann bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h die Bodenfreiheit selbst einstellen und die Federsteifigkeit der Vorder- oder Hinterachse bei Bedarf maximieren. Ein spezielles Ventil sorgt für eine druck- und zugstufenabhängige Dämpfung, die zusätzlich von der Federungsgeschwindigkeit abhängig ist (siehe **Bild 5**).

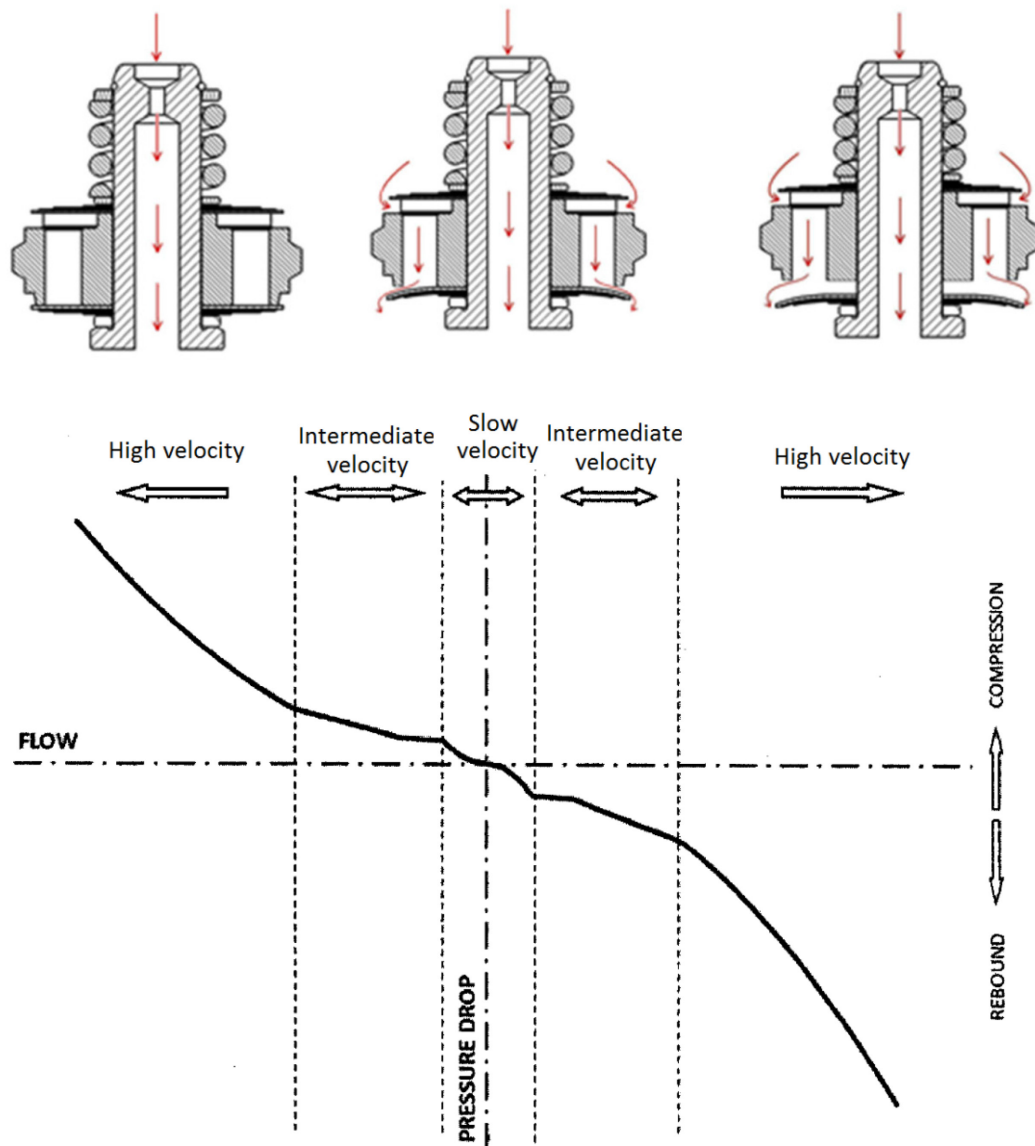


Bild 5: oben: Stellungen des entwickelten Dämpfungsventils bei verschiedenen Drücken, unten: Typische Druck-Volumenstrom-Kennlinie des entwickelten Dämpfungsventils [21]

Figure 5: top: Positions of the developed damping valve at different pressures, bottom: Typical damping characteristics of the developed valve [21]

Neben Ansätzen zur Verbesserung der Längs- und Vertikaldynamik von Traktoren wird in aktuellen Arbeiten auch versucht, die Kurvenfahrt von Arbeitsmaschinen in Hinblick auf die Fahrstabilität und die Manövrierbarkeit zu optimieren. Daher und Ivantysynova [22] untersuchen z.B. ein neuartiges Regelungskonzept für einen hydraulisch betätigten Knicklenker am Beispiel eines Radladers. Grundlage für die Simulation des geregelten Systems ist ein mathematisches Modell des Knicklenkerfahrzeuges und des elektrisch betätigten Hydrauliksystems. Die Lenkbewegung des Fahrers wird hierbei unter Berücksichtigung des Rad-Bodenkontakts und der Querdynamik in einen Sollwert des Knicklenkerwinkels überführt und dem Regelungsalgorithmus übergeben. Anhand der Simulation konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe des geregelten Systems der gewünschten, engen Kurvenbahn gut zu folgen war. Die

Simulationsergebnisse konnten erfolgreich anhand von Versuchsfahrten mit einem Radlader-Prototypen auf einer Fahrbahn mit geringem Reibbeiwert validiert werden. Das vorgestellte Konzept ermöglicht damit eine Verbesserung der Fahrdynamik sowohl im Hinblick auf einen effektiven Lenkprozess als auch der Stabilisierung der Querdynamik bei höheren Geschwindigkeiten auf glatten Untergründen.

Für die automatischen Lenksysteme, welche vorgegebene Spuren einhalten, stellt sich die Frage nach dem optimalen Übergang zwischen zwei parallelen Spuren am Vorgewende. Backman et al. [23] stellen hierfür ein neues Verfahren zur Berechnung von Trajektorien für verschiedene Wendemanöver vor. Dabei berücksichtigen sie in einem Fahrzeugmodell das Beschleunigungsvermögen des Fahrzeugs sowie die maximale Lenkwinkelgeschwindigkeit. Der entwickelte Algorithmus setzt mehrere Kurvenabschnitte mit konstantem Krümmungsradius zusammen um die gewünschte Bahn zu bestimmen. Der Übergang zwischen zwei Abschnitten, in denen die Lenkwinkeländerung stattfindet, wird unter Berücksichtigung des Fahrzeugmodells berechnet. Die durchschnittliche Berechnungsdauer ist dabei ausreichend schnell, um das Verfahren für eine Online-Trajektorienbestimmung einsetzen zu können.

Autonome Landmaschinen erfordern auf Grund ihrer technischen Eigenheiten und dem möglichen Einsatz in neuen Arbeitsbereichen eine grundlegendere Betrachtung ihrer Antriebskonzepte. In diesem Kontext untersuchen Vidoni et al. [24] vier verschiedene Fahrwerkkonfigurationen für Robotersysteme im Wein- und Obstanbau hinsichtlich ihrer Stabilität beim Befahren von Steigungen in unterschiedlichen Winkeln zum Hang. Verglichen werden eine Anordnung mit drei Rädern, ein konventionelles vierrädriges System mit einer geringeren Frontspurweite, ein Vierradknicklenker sowie ein Kettenfahrwerk. Betrachtet wird dabei nur die langsame Fahrt, so dass dynamische Kräfte vernachlässigt werden können. Obwohl das Kettenfahrzeug die größte Stabilität aufweist, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass ein Knicklenkerfahrzeug auf Grund der Vorteile bei Lenkbarkeit und Agilität sowie des, im Vergleich zum Kettenantrieb, bodenschonenderen Fahrwerks am besten für unebenes Gelände mit Steigungen geeignet ist.

Fahrerplatz

Die Fa. Grammer EiA Electronics gibt einen Überblick über die möglichen Funktionalitäten, die durch Force-Feedback-Joysticks realisiert werden können [25]. Bisherige Joystick-Konzepte sind entweder positions- oder kraftbasiert. Während beim ersten Konzept die Position des Joysticks die Größe der Funktion (z.B. Fahrgeschwindigkeit) vorgibt ist beim zweiten Konzept die Kraft (gegen eine rückstellende Feder) der größenbestimmende Faktor (Druck nach vorne bestimmt die Beschleunigung des Fahrzeugs). Mit Hilfe eines neu entwickelten Joysticks mit Kraftrückwirkung (Force-Feedback) können zahlreiche weitere Funktionen realisiert werden, die dem Benutzer eine Rückkopplung der jeweiligen Funktion geben. So kann beispielsweise die Neutralposition verschoben werden oder eine Stellmomenterhöhung am Bedienelement kann das Ende des Stellwegs anzeigen, um etwa einen Schnellfahrmodus zu aktivieren. Auch das Fühlbarmachen von hydraulisch oder pneumatisch angetriebenen Komponenten (etwa bei hoher Last) wird ermöglicht.

Ebenfalls erwähnenswert ist die neue Panoramakabine für die Claas ARION 400 Serie, deren Entwicklung von Rondeau [25] vorgestellt wurde. Diese "Panoramakabine" genannte Konstruktion kommt ohne die vorderen Querstrebe aus, welche besonders bei Frontladerarbeiten das Sichtfeld des Fahrers einschränkt (vgl. **Bild 6**). Im Dachbereich wird ein aus Polycarbonat bestehendes Fenster eingesetzt, das mit der Frontscheibe durch einen dünnen Streifen eines lichtdurchlässigen Materials verbunden wird. Durch die Materialkombination können die Auflagen hinsichtlich des Schutzes gegen herabfallende Gegenstände (FOPS) und gegen Verletzungen durch Überschlag (ROPS) eingehalten werden.

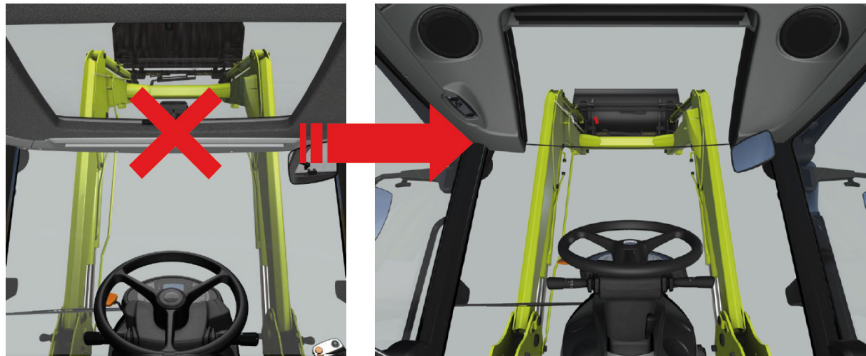


Bild 6: Ursprüngliches Scheibendesign im Vergleich zum neuen Panoramakabinendesign der Claas ARION 400 Traktoren [25]

Figure 6: Original windshield design compared to the new panoramic design of the Claas ARION 400 tractors [25]

Zusammenfassung

Die Ansätze zur Reduzierung von Gesundheitsschäden - hervorgerufen durch Ganzkörpervibrationen - bieten trotz der technischen Fortschritte im Bereich der Traktor-Federungssysteme, weiterhin Raum für Verbesserungen. Besonders die Bewertung der Belastung der fahrzeugführenden Personen durch Schwingungsanregungen gestaltet sich auf Grund der spezifischen Bewegungsabläufe bei der Bedienung des Fahrzeugs sowie der physischen Eigenschaften der Personen als komplex. In diesem Kontext gab es im Jahr 2015 mehrere Veröffentlichungen, die sich mit der Erhebung und Auswertung von fahrerbelastenden Schwingungsanregungen in Nutzfahrzeugen beschäftigten. Die Arbeiten bieten, auch wenn die untersuchten Fahrzeuge z.T. nicht dem Bereich der Landwirtschaft entstammen, wertvolle Ansätze, um den Komfort und die Sicherheit von Traktoren weiter zu steigern. Arbeiten zur Verbesserung der Fahrndynamik wurde in mehreren Bereichen durchgeführt. Zum einen wurde die Optimierung der Leistungsübertragung zwischen Rad und Untergrund durch Verringerung des Radschlupfes mit der Entwicklung z.T. serienreife Produkte vorangetrieben. Zum anderen wurde weiter an Grundlagen gearbeitet, um den Rad-Bodenkontakt für energetische Betrachtungen zugänglicher zu machen. Arbeiten zur Verbesserung der Querdynamik sowie der Fahrzeugstabilität befassten sich mit der Optimierung von Kurvenfahrten, u.a. von Fahrzeugen mit Knicklenkern, und der Bewertung von Fahrzuständen in Hinblick auf die Stabilität bei Kurvenfahrten.

Literatur

- [1] International Organization for Standardization: Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator (2002) ISO 5008. 65. Auflage.
- [2] Rantaharju, T.; Mansfield, N. J.; Ala-Hiirio, J. M. und Gunston, T. P.: Predicting the health risks related to whole-body vibration and shock: a comparison of alternative assessment methods for high-acceleration events in vehicles, *Ergonomics* 58 (2015) H. 7. S. 1071–1087.
- [3] International Organization for Standardization: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements (1997) ISO 2631-1.
- [4] British Standards: Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock BS 6841:1987.
- [5] International Organization for Standardization: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration 13.160; 65.060.01 (2004) ISO 2631-5.
- [6] Gunston, T.: Revision of ISO 2631-5 for Use with Marine Craft. Buxton 2011.
- [7] Deutsches Institut für Normung: Mechanische Schwingungen und Stöße - Verfahren zur Bewertung stoßhaltiger Ganzkörper-Vibrationen 13.160 (2012) DIN SPEC 45697.
- [8] Raffler, N.; Ellegast, R.; Kraus, T. und Ochsmann, E.: Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: an analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders, *Ergonomics* (2015). S. 1–13.
- [9] Caffaro, F.; Cremasco, M. M.; Preti, C. und Cavallo, E.: Ergonomic analysis of the effects of a telehandler's active suspended cab on whole body vibration level and operator comfort, *International Journal of Industrial Ergonomics* 53 (2016). S. 19–26.
- [10] International Organization for Standardization: Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator 13.160; 65.060.01 (2002) ISO 5008.
- [11] van der Westhuizen, S. Francois und Schalk Els, P.: Comparison of different gas models to calculate the spring force of a hydropneumatic suspension, *Journal of Terramechanics* 57 (2015). S. 41–59.
- [12] Langer, T. H.; Ebbesen, M. K. und Kordestani, A.: Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler, *International Journal of Industrial Ergonomics* 47 (2015). S. 79–83.
- [13] Li, Z.; Mitsuoka, M.; Inoue, E.; Okayasu, T. und Hirai, Y.: Development of stability indicators for dynamic Phase I overturn of conventional farm tractors with front axle pivot, *Biosystems Engineering* 134 (2015). S. 55–67.
- [14] Baragetti, S.; Robolotti, F. und Rota, F.: Development of a Model for the Simulation of ROPS Tests on Agricultural Tractors Cabin: Numerical Models and Experimental Verification, *Int. Journal of Engineering Research* (2015) Vol. 5, Issue 9. S. 76–86.

- [15] Organisation for Economic Co-operation and Development: Testing of the strength of protective structures for agricultural and forestry tractors (2014) CODE 4.
- [16] Ballesteros, T.; Arana, J. I.; Pérez de Ezcurdia, A. und Alfaro, J. R.: Development and validation of automatically deployable ROPS based on airbag inflator technology, *Biosystems Engineering* 130 (2015). S. 92–105.
- [17] Taghavifar, H. und Mardani, A.: Evaluating the effect of tire parameters on required drawbar pull energy model using adaptive neuro-fuzzy inference system, *Energy* 85 (2015). S. 586–593.
- [18] Taghavifar, H.; Mardani, A. und Hosseinloo, A. H.: Experimental analysis of the dissipated energy through tire-obstacle collision dynamics, *Energy* 91 (2015). S. 573–578.
- [19] Wieckhorst, J. und Fedde, T.: A Tractive Sensor: Integrated Measurement of Tire Soil Parameters for Tractors. VDI-MEG Tagung Landtechnik 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). S. 219–225. Düsseldorf: VDI Verlag 2015.
- [20] Pichlmaier, B.: A Fully Integrated Traction Assistance System. VDI-MEG Tagung Landtechnik 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). S. 211–217. Düsseldorf: VDI Verlag 2015.
- [21] Swinnerton, P. und Helmick, L.: A Load Sensing Adaptive Hydro pneumatic Suspension for a Full Suspension Tractor. VDI-MEG Tagung Landtechnik 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). Düsseldorf: VDI Verlag 2015.
- [22] Daher, N. und Ivantysynova, M.: Yaw stability control of articulated frame off-highway vehicles via displacement controlled steer-by-wire, *Control Engineering Practice* 45 (2015). S. 46–53.
- [23] Backman, J.; Piirainen, P. und Oksanen, T.: Smooth turning path generation for agricultural vehicles in headlands, *Biosystems Engineering* 139 (2015). S. 76–86.
- [24] Vidoni, R.; Bietresato, M.; Gasparetto, A. und Mazzetto, F.: Evaluation and stability comparison of different vehicle configurations for robotic agricultural operations on side-slopes, *Biosystems Engineering* 129 (2015). S. 197–211.
- [25] Rondeau, D.: K08 Panoramic Cabin: Development of a panoramic cabin concept for 4-cylinder tractors range for mixed applications (field & farmyard). VDI-MEG Tagung Landtechnik 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). S. 237–242. Düsseldorf: VDI Verlag 2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 14.03.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Sieting, Maximilian; Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz.
In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen
und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-13

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055114>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/238.html>

Bodenbearbeitungstechnik

Thomas Herlitzius, André Grosa und Tim Bögel
Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen (IVMA), TU Dresden

Kurzfassung

Der Bereich Bodenbearbeitungstechnik verzeichnet seit 2014 rückläufige Umsätze, sowohl seitens der Maschinen- und Gerätehersteller (- 1,2 %) aber auch im Handel (ca. - 2 %). Verglichen mit anderen Landtechniksparten ist dieser Rückgang jedoch geringer. Weiterhin werden bis zu 70 % der in Deutschland hergestellten Bodenbearbeitungssysteme exportiert. Entwicklungsschwerpunkte liegen nach wie vor im Bereich der konservierenden Bodenbearbeitung, dem Ernterest und Bewuchsmanagement bei der Bodenbearbeitung aber auch zunehmend in der präzisen Applikation und Einarbeitung flüssiger Wirtschaftsdünger. Zur Erfassung ertragsrelevanter Bodenparameter, z. B. Porenvolumen und Bodenfeuchte während der Feldüberfahrt haben erste Lösungen den Versuchsmusterstatus verlassen und befinden sich in Praxistests.

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Bodensensorik, Bodenbearbeitungstechnik, Grubber

Cultivation technology

Thomas Herlitzius, André Grosa and Tim Bögel
Institute for processing machines and offroad machinery (IVMA), TU Dresden

Abstract

Declining sales figures has been registered in the sector of tillage technology since 2014, both on the side of machine and implement manufacturers (- 1.2 %) and also on the market (app. - 2 %). But this reduction is less compared to other sectors in the agricultural machinery branch. Still in Germany up to 70 % of the manufactured cultivation systems are exported. Focuses in R&D activities are in the area of conservation soil tillage, residue and vegetation management during tillage but also in the field of site specific applications and incorporation of agricultural fertilizers. For the acquisition of yield related soil parameters, e. g. pore volume and soil humidity during operating in the field, first solution has left the prototype status and are tested in practical applications.

Keywords

tillage, soil sensing technology, tillage technology, cultivator

Marktentwicklung

Der gesamte Landtechnikmarkt stagniert seit 2014 weltweit und verzeichnet seitdem Umsatzrückgänge. Während die globale Landtechnikproduktion in 2013 ein Volumen von 103 Mrd. € umfasste, sank dieses in 2015 auf ca. 91 Mrd. € (- 1,2 %) und erreicht damit in etwa das Niveau von 2011 [1]. Die Produktion in Deutschland hat daran einen Anteil von ca. 5,5 Mrd. € (5,3 %). Die Umsätze in den Sparten Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik folgen dieser Entwicklung in der Tendenz. Der VDMA analysierte von 2013 zu 2014 im Bereich Bodenbearbeitung einen Umsatzrückgang um 1,2 %, im Bereich Bestellung, Düngung und Pflanzenschutz jedoch eine Steigerung von 5,2 %. Der 3-Jahrestrend 2012-2014 verzeichnet für die beiden Bereiche Wachstumsraten von 4,2 % bzw. 20,2 % (**Tafel 1**). Bodenbearbeitungstechnik unterliegt hohem Verschleiß, das führt dazu, dass Investitionen in neue Technik nicht unbegrenzt aufgeschoben werden können. In den Bereichen Pflanzenschutz und Düngung definieren maßgeblich gesetzliche Rahmenbedingungen wie Düngeverordnung bzw. Pflanzenschutzrichtlinien neue Anforderungen an die Technik und damit deren Modernisierung. Auch der Markt für Bodenbearbeitungstechnik wird davon beeinflusst, insbesondere durch Maßgaben zur Wirtschaftsdüngerausbringung oder Möglichkeiten zur Verbesserung der Feldhygiene durch Bodenbearbeitung. Hier werden jedoch neue Systeme oft von kleineren Herstellern angeboten und sind damit nicht in den Marktanalysen des VDMA enthalten.

Tafel 1: Marktentwicklung für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Deutschland [1]

Table 1: Market volume of tillage and seeding implements in Germany [1]

	2012	2013	2014	Trend*
Maschinenart				
Machine				
Gesamt <i>Summary</i>	5,411	5,557	5,490	1,5 %
Bodenbearbeitung <i>Tillage</i>	0,252	0,266	0,263	4,2 %
Säen, Düngen, Pflanzenschutz <i>Sowing, Fertilizing, Plant protection</i>	0,253	0,289	0,304	20,2 %

* Veränderung zum Vorjahr / *Change to the preceding year*

Die Exportquote für Bodenbearbeitungstechnik liegt weiter bei über 70 %. Wichtige Märkte für Bodenbearbeitungsmaschinen und -geräte sind die europäischen Länder, Russland und die ehemaligen GUS Staaten [1]. Insbesondere die Importe in Ost- und Südosteuropa (z. B. Polen, Rumänien, Ungarn) werden von EU-finanzierten Modernisierungsprogrammen getragen, die im betrachteten Zeitraum ausliefen. Neue Fördermaßnahmen sind noch in der Initialisierungsphase. Zudem führten sinkende Erzeugerpreise zu geringeren Technik Importen von etwa 10 %. Ebenso konnte in 2014 nach Russland weniger Bodenbearbeitungstechnik exportiert werden, so z. B. Pflüge (- 12 %) oder Kreiseleggen (- 13 %) [1]. Die Landmaschinenfachbetriebe und Händler registrierten für 2015 einen Umsatzrückgang von 2 - 3 % gegenüber 2014 [2]. Dieser setzte sich bis ins 4. Quartal 2015 fort. 54 % der befragten Unternehmen verzeichneten gegenüber 2014 einen Umsatzrückgang im Bereich Bodenbearbeitungstechnik. Zudem wird für 2016 noch keine Trendwende gesehen.

Technik für die konservierende Bodenbearbeitung

Vielschichtige Anforderungen an die Technik zur Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung hat eine zentrale Stellung in der aktuellen Diskussion über die Aufgaben und Ziele in der nachhaltigen Pflanzenproduktion mit

- Verfahrensanforderungen für Emissionsreduktion (CO₂, N₂O), Greening- und Erosionsschutzmaßnahmen,
- der Zielstellung zum Einsparen von Herbiziden und effizientem Düngereinsatz oder
- dem Grundwasserschutz und Humusmanagement im Boden.

Jedes dieser Themen definiert Anforderungen an die Konfiguration und den Einsatz der Bodenbearbeitungstechnik. Der Trend geht seit Jahren in Richtung Flexibilisierung der Systeme für den Einsatz mit verschiedenen Arbeitszielen. So hat die Gerätetechnik eine hohe Einsatzsicherheit und eine enorme Konfigurationsvielfalt erreicht. Die Ausstattungsvarianten in der Bodenbearbeitungstechnik sind hoch, die richtige Technikauswahl und der optimale Einsatz erfordern heute ein hohes Prozesswissen und Technikverständnis. Die Hersteller reagieren darauf mit umfangreichem Informationsmaterial, welches inhaltlich weit über den Status von Technikprospekten hinaus reicht. Parallel nehmen spezielle Anforderungen, beispielsweise bei der mechanischen Unkrautbekämpfung, dem Ernterest- bzw. Zwischenfruchtmanagement oder der definierten Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern zu. Dafür etablieren sich technische Lösungen kleinerer Hersteller erfolgreich. So bieten allein in Deutschland über 80 Hersteller Bodenbearbeitungstechnik im weitesten Sinne an.

Grubbertechnik

Im Bereich der Grubbertechnik für den universellen Einsatz haben sich 3- und 4-balkige Werkzeuganordnungen durchgesetzt. Strichabstände der Werkzeuge liegen im Bereich 25 - 30 cm. Mit verschiedenen Baureihen werden Arbeitsbreiten von 3 bis über 6 m angeboten wobei alle gängigen Scharsysteme mit Eingriffsbreiten zwischen 5 und 10 cm arbeiten und um Scharflügel ergänzt werden können. Mit den schweren Grubber Baureihen und Kombination mit schmalen Scharen wird krumentiefes Arbeiten bis 30 cm Tiefe möglich. Für diesen Einsatzbereich sind die starren Grubberwerkzeuge mit selbststrückstellenden, mechanischen (z. B. Zug- oder Druckspiralfedern) oder hydropneumatischen Überlastsicherungen ausgestattet, die Auslösekräfte bis etwa 6 kN haben (Rabe Bluebird, Kuhn Cultimer, Amazone Cenius) [3; 4]. Zahlreiche Hersteller bieten zum Vorzerkleinern der Erntereste schneidende Vorwerkzeuge an [5; 6], vorzugsweise als Scheiben oder Messerwalzen in ein- oder zweireihiger Anordnung. Auch Wellscheiben kommen hier zum Einsatz (Kerner Stratos). Ziel ist eine enge Schnittführung in mehreren Richtungen zum Vorschneiden des Bodens oder dem Aufschließen der Mais- oder Rapsstoppeln (**Bild 1**). Flacher arbeitende, leichte Geräte können dabei zur Stoppelbearbeitung, zum Einarbeiten von organischem Dünger oder Zwischenfrüchten bis hin zur Saatbettbereitung auf gepflügtem Acker eingesetzt werden.



Bild 1: Leichte Grubberkombination mit vorlaufenden Schneidwerkzeugen (Kerner Stratos) [5]
Figure 1: Lightweight cultivator combination with leading cutting tools (Kerner Stratos) [5]

Walzenkombinationen für verschiedene Funktionen

Traditionell werden Stab- oder Ringwalzen im Nachlauf am Gerät zur Rückverdichtung eingesetzt. Mit dem Einsatz von Vollgummiformkörpern oder luftbereiften Rädern wurde auch die Doppelfunktion zur klassischen Rückverdichtung auf dem Acker aber auch prinzipiell die Nutzung als Fahrwerk beim Straßentransport möglich. Bei großen Arbeitsbreiten über 6 m sind jedoch hohe Maschinenmassen von 8 - 10 t abzustützen und zu bremsen. So hat sich die gleichzeitige Nutzung als Fahrwerk nicht durchsetzen können, da heute die in diesem Segment üblichen Druckluftbremsanlagen nicht integriert werden können. Klassische Nachlaufwalzensysteme zeichnen sich durch vielfältige Formen und Kombinationsmöglichkeiten aus. Einzelne Hersteller bieten hier über 20 Konfigurationsmöglichkeiten zum Einsatz von Grubbern, Mulchgrubbern und Scheibeneggen an.

Erstmals wurden auch Grubber vorgestellt, bei denen im Feldeinsatz die Nachlaufwalze abgekoppelt werden kann (Kerner Komet KAS) [5]. Damit werden z. B. Wurzelunkräuter nicht wieder auf den Boden gedrückt und damit am Anwachsen gehindert, was in der mechanischen Unkrautbekämpfung von Bedeutung ist. Weiterhin können Walzen mit prismatischen, scharfkantigen Gussringen auch Pflanzenreste zerteilen und zerdrücken. So bietet der Hersteller Güttler die Walzenbaureihe Matador (**Bild 2**) zur Bearbeitung von Maisstoppeln zur Zünslerbekämpfung oder zum Stoppelmanagement bei Raps an. Sie hat einen wirksamen Durchmesser von 50 cm und ein spezifisches Gewicht von 390 kg/m. Durch die bewegliche, enge axiale Anordnung der Prismenkörper wird eine Selbstreinigung erreicht, die Abstreifer überflüssig macht [7].



Bild 2: Prismenwalze Gütter Matador im Traktorfrontanbau [8]

Figure 2: Prismatic roller Gütter Matador in front attachment of a tractor [8]

Bodenbearbeitungstechnik zur Applikation von Wirtschaftsdüngern

In Deutschland fallen jährlich fast 260 Mio t organischer Substrate an, die in flüssiger oder fester Form als Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden. Darunter fallen z. B. Gülle, Jauche und Gärreste als Flüssigdünger (ca. 230 Mio. t) oder Festmist bzw. Komposte (> 28 Mio. t) mit verschiedenen Trockenmassegehalten [8; 9]. Die geforderte emissions- und damit auch nährstoffverlustarme Ausbringung und definierte Einarbeitung der flüssigen und festen Wirtschaftsdünger erfordert zunehmend Spezialtechnik. Anforderungen an die Ausbringtechnologie und eingesetzte Technik sind:

- Eine Nährstoffaufnahme durch Nutz- oder Zwischenfruchtpflanzen ist gewährleistet,
- die Ablage im Bestand oder das Einarbeiten verhindert Emissionen in die Atmosphäre hinzugefügt
- der Applikationszeitraum und klimatische Rahmenbedingungen verhindern ein Auswaschen der Nährstoffe (oberflächlich oder in das Grundwasser).

Das Ausbringen insbesondere der flüssigen Wirtschaftsdüngermengen von über 40 m³/ha muss fruchtfolgeangepasst in engen Zeitfenstern erfolgen. Es beschränkt sich auf den Herbst oder das Frühjahr. Den gesetzlichen und beihilferechtlichen Rahmen bilden die Düngerverordnung (DüV) sowie Richtlinien und Informationsschriften von Verbänden (z. B. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.) [8]. Dies erfordert schlagkräftige Technik und zunehmend deren überbetrieblichen Einsatz. Während traditionell Flüssigdünger oberflächlich breitverteilt und mit dem nächsten Bodenbearbeitungsschritt eingearbeitet wurden, genügt diese Technologie heute den Anforderungen nicht mehr.

Komposte und Festmiste werden nach der Ausbringung möglichst zeitnah mit traditioneller Bodenbearbeitungstechnik, wie Grubber oder Scheibeneggen eingearbeitet (zweiphasig). Bei flüssigen Wirtschaftsdüngern kann die Ausbringung und die Einarbeitung getrennt (zweiphasig) oder in einem Arbeitsgang (einphasig) erfolgen. Der "offene" Zeitraum zwischen Ausbringung und Einarbeitung entscheidet neben der aktuellen Witterung über die Emissi-

ons- und damit Nährstoffverluste. Schleppschlauch- und Schleppschuh-Systemen zur oberflächennahen Ausbringung erreichen eine Reduzierung, die direkte Einarbeitung jedoch die geringsten Emissionen. Hierbei handelt es sich dann bereits um Bodenbearbeitung. Dabei kann nach vollflächiger (z. B. Grubber) oder partieller Einarbeitung (z. B. Pflug) in den Bearbeitungshorizont oder nach dem Anlegen von Depotstreifen unter oder neben der Saatreihe (Strip-Till) unterschieden werden [10].

Insbesondere bei der Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern erreichen herkömmliche Grubber und Scheibeneggen ihre Einsatzgrenzen bezüglich Funktionssicherheit (Verkleben, Zusetzen der Werkzeugsektionen) und Einarbeitungsqualität. Die Applikation während der Bodenbearbeitung erreicht hier bessere Arbeitsqualitäten. Dafür wurden seitens der Hersteller auf diesen Einsatzfall spezifizierte Geräte entwickelt und erfolgreich eingesetzt [11; 12; 13].



Bild 3: Zinkengerät zur Streifenanlage von Gülledepots im Abstand von 75 cm (Kotte Garant, PreMaister, 6 m Arbeitsbreite) [11]

Figure 3: Cultivator based system for stripe depots (Kotte Garant, PreMaister, 6 m working width) [11]

Bei Systemen mit streifenförmiger Ablage erfolgt die Applikation direkt hinter dem schmalen Grubberscharen in 10 - 20 cm Tiefe mit kombinierter oberflächlicher Bodenbearbeitung oder z. T. leichter Dammformung. Werkzeugabstände von 75 cm [11] bzw. 37,5 cm sind zur Depotbildung üblich. Auch bewährte Strip-Till-Systeme, wie bspw. Kuhn Striger [12] werden erfolgreich zur streifenförmigen Wirtschaftsdüngerablage modifiziert.

Die ganzflächige Einarbeitung kann flach bis 10 cm oder tiefer im Bereich 10 - 20 cm erfolgen. Zur flachen Einarbeitung werden erfolgreich modifizierte Scheibeneggen eingesetzt. Der Ort der Gülleabgabe im Gerät ist entscheidend für eine störungs- und verstopfungsfreie Funktion und die exakte Positionierung der enthaltenen Nährstoffe. In Kurzscheibeneggen erfolgt die Zuleitung in den geöffneten Bodenbereich der ersten Scheibenreihe ohne direkten Werkzeugkontakt auf Arbeitstiefe. Die zweite Scheibenreihe bedeckt die Ablagezone. Damit werden räumlich begrenzte Ablagebereiche mit Streifenabständen von 22 bis 25 cm erreicht. Zinkensysteme sind meist in 2-balkiger Bauart ausgeführt. Sie sind damit kurz und können

gut an Selbstfahrer, Güllefässer oder direkt in den Traktordreipunktanbau (z. B. bei der Gülleverschlauchung) angebaut werden. Die Flüssigdüngerapplikation erfolgt dann in der ersten bzw. in beiden Werkzeugreihen direkt hinter dem Scharstiel. Es werden Depotabstände von 30 - 40 cm bzw. 60 - 80 (75) cm erreicht. Weiterhin wurden Systeme vorgestellt, die neben der Gülleapplikation auch Zwischenfruchtsaaten ausbringen können. Die Saatgutapplikation erfolgt in den Erdstrom hinter der letzten Werkzeugreihe vor dem Rückverdichtungswerkzeug mit 2 - 3 Prallverteilern je Meter Arbeitsbreite (**Bild 4**).



Bild 4: Kurzscheibenegge mit Applikationseinheiten für Gülle und Zwischenfruchtsaat (Lomma-InDisc) [13]

Figure 4: Disc harrow with application of slurry and intertillage (Lomma-InDisc) [13]

Bodensensorik und Gerätesteuerung

Um Bodenbearbeitungsgeräte zielgerichtet online während der Feldarbeit einstellen zu können, sind Kennwerte zur Beschreibung des Bodenzustandes zwingend erforderlich. Bereits seit 2008 beschäftigen sich auf diesem Gebiet unter anderem EU-Forschungsverbundprojekte mit der Bestimmung von Bodeneigenschaften. 2008 startet das Projekt Digisoil [14] mit Partnern aus ganz Europa. Mit Hilfe von bekannten geophysikalischen Technologien, beispielsweise geoelektrische oder seismischen Messungen, sollten die Beziehungen zwischen den ermittelten Größen und Kennwerten der Bodeneigenschaften vor Ort ermittelt werden. Ziel war die Erstellung von Karten zur Darstellung der Bodeneigenschaften sowie Informationen über mögliche Gefahren wie Erosion.

Eine Weiterentwicklung auf diesem Gebiet war Ziel des Projekts iSoil [15] des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung GmbH, Leipzig (UFZ). Das Ziel der Erstellung von Bodenkar-

ten wurde in diesem Projekt ebenfalls mit multivarianten Sensoren und Messverfahren durchgeführt. Dazu gehörten neben Gammastrahlenspektroskopie auch elektromagnetische Induktionsmessungen.



Bild 5: Messverfahren mit multiplen Sensoren im Projekt iSoil [15]

Figure 5: Measuring process with multiple sensors in the project iSoil [15]

Um die Auswahl der landwirtschaftlichen Verfahren auf diese Grundlagen abzustimmen werden jedoch noch weitere Daten benötigt. Neben den Bodenbeschaffenheiten werden auch Informationen über die im Pflanzenbestand vorhandenen Bestandteile wie beispielsweise Stickstoff, Phosphor, Magnesium und Kalzium benötigt. Um dem Landwirt Empfehlungen für die optimale Düngung, Bodenbearbeitung und ggf. Bewässerung geben zu können, wird aktuell im Projekt FarmFuse [16] ein Multisensorverfahren entwickelt, welches basierend auf vis-NIR Spektroskopie, ortsspezifische Informationen ermittelt und die Grundlage einer teilschlagspezifischen Handlungsempfehlung ermöglicht.

Für eine teilschlagspezifische Steuerung von Arbeitsgeräten ist solches Kartenmaterial nur bedingt hilfreich. Um aktiv auf die momentanen Zustände während der Bearbeitung reagieren zu können sind echtzeitfähige Messungen notwendig. Eine Möglichkeit wurde auf der Agritechnica 2015 von der Firma Geoprospectors [17] vorgestellt und auch mit einer Silbermedaille ausgezeichnet.



Bild 6: Berührungsloses Messsystem der Firma Geospectors im Frontanbau eines Traktors [17]

Figure 6: Contactless measuring system of the company Geospectors as front attachment [17]

Mit dem induktiven Messverfahren können während der Überfahrt verschiedene Bodenparameter wie Wassersättigung, Bodenart und Bodenverdichtung ermittelt werden. Die Ergebnisse können entweder als Kartenmaterial ortsspezifisch gespeichert oder zur Steuerung des Anbaugerätes verwendet werden. Dies öffnet die Möglichkeit einer beispielsweise bedarfsgerechten Tiefenführung von Bodenbearbeitungsgeräten. Damit ließen sich auch Änderungen im Bodengefüge durch die Bodenbearbeitung längerfristig beobachten.

Literatur

- [1] -, -: VDMA Landtechnik, Wirtschaftsbericht 2015.
- [2] -, -: Umsatzrückgang im vierten Quartal 2015, Eilbote Nr. 9/2015, S. 6.
- [3] -, -: Bluebird 3GR. URL <http://www.rabe-gb.de/de/stoppelbearbeitung-grubber-cultivator-bluebird-3-gr> - Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [4] -, -: URL <http://www.amazone.de> – Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [5] -, -: Grubbertechnik. URL www.kerner-maschinenbau.de/produkte/grubber – Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [6] -, -: Kverneland CLC pro Cut. URL <http://www.kverneland.de/Bodenbearbeitung/Grubber/Stoppelgrubber/Kverneland-CLC-pro-Cut> – Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [7] -, -: Anbauwalze: Matador. URL <http://guttler.org/anbauwalze-matador> - Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [8] -, -: Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben – Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung, Fachserie 1, Reihe 2.2.2, 2010 (in der Landwirtschaft eingesetzte Mengen flüssiger Wirtschaftsdünger, Festmist und HTK), Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2011, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei.
- [9] Reinhold, G.; Zorn, W.: Wirtschaftsdünger und Gärprodukte - Eigenschaften im Kontext der Biogaserzeugung und Düngung, Tagungsbeitrag zum KTBL/ FNR Kongress 22.-23.09.2015, Potsdam.
- [10] Laurenz, L.: Erfahrungen mit der Gülledepotdüngung im Strip-Till-Verfahren zu Mais, Konferenzbeitrag zur Pflanzenbautagung der LfULG in Sachsen, 2013.
- [11] -, -: PreMaister. Maisterlich einarbeiten. URL <http://www.garantkotte.de/produkte/einarbeitungstechnik-unterfussinjektoren/premaister> - Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [12] -, -: Striger. URL <http://www.kuhn.de/de/range/bodenbearbeitung/gerte-fr-streifenbearbeitung/striger.html> – Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [13] -, -: Gülletechnik. URL <http://lomma-sachsen.de/de/guelletechnik.htm> - Aktualisierungsdatum: 26.02.2016.
- [14] -, -: Digisoi. URL <http://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/digisoi> – Aktualisierungsdatum: 04.03.2016.
- [15] -, -: FP7 Collaborative Project iSoil. URL <http://www.ufz.de/isoil-fp7/index.php?en=16412> – Aktualisierungsdatum: 04.03.2016.
- [16] -, -: Project FarmFuse. URL <http://www.farmfuse.eu/> - Aktualisierungsdatum: 04.03.2016.
- [17] -, -: Geoprospectors. URL <http://www.geoprospectors.com/> - Aktualisierungsdatum: 04.03.2016.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Herlitzius, Thomas; Grosa, André; Bögel, Tim: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055115>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/240.html>

Sätechnik

Till Meinel,
Institut für Landmaschinentechnik und Regenerative Energien, Technische Hochschule Köln

Kurzfassung

Weitere Verbesserungen der Prozessautomation bestimmen die Entwicklung der Sätechnik. Bisher unberücksichtigte Parameter werden gemessen und für Steuerungs-, Überwachungs- und Dokumentationsfunktionen intelligent verknüpft. Leistungsfähigere Sensoren und praxisorientierte Weiterentwicklungen mechanischer Komponenten entlasten die Bediener und verbessern die Präzision der Aussaat. Die weltweite Nachfrage nach Einzelkornsämaschinen hält an und ist auch für neue Anbieter interessant. Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Optimierung der Kornvereinzelung und der Schaffung weiterer Grundlagen für die Prozessautomation.

Schlüsselwörter

Drillsaat, Einzelkornsäat, Prozessautomation

Seeding Technology

Till Meinel, Institute of Agricultural Engineering and Renewable Energies, TH Köln - University of Applied Sciences

Abstract

Further improvements in process automation determine the development of seeding technology. Previously unrecognized parameters are measured and intelligently linked for control, monitoring and documentation functions. More powerful sensors and practical advancements of mechanical components relieve the operator and improve the precision of sowing. The global demand for precision seeders continues and is interesting for new manufacturers. Research work deals with the optimization of the seed singling and the creation of additional basics for process automation.

Keywords

Drilling, precision sowing, process automation

Einleitung

Die Hersteller von Sämaschinen präsentierten anlässlich der Agritechnica 2015 in Hannover zahlreiche Weiterentwicklungen mit dem Ziel zunehmender Prozessautomation, Präzision, Ressourcenschonung und Bedienerentlastung. Verbesserte Speziälsensoren und leistungsfähige Multisensorsysteme bilden die Grundlage für den weiterzunehmenden Elektronikeinsatz in der Sätechnik. Hinzu kommen praxisorientierte Weiterentwicklungen mechanischer Komponenten wie Dosiergeräte für Drillmaschinen, die erneut die hohe Kompetenz der Sätechnikhersteller unterstreichen. Wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich u.a. mit Simulationsmöglichkeiten der Kornvereinzelung, verbesserter Kornvereinzelung sowie dem Einfluss der Kornausrichtung bei der Maissaat.

Drillsaat

Lemken stellte elektrisch angetriebene Vertikaldosierer für pneumatische Drillmaschinen vor, die eine automatisierte Abdreprobe ermöglichen. Während des automatischen Abdrehvorganges wird das Saatgut aller Dosiereinheiten nicht zu den Säscharen, sondern über einen Bypass in einen auf einer Wägezelle befestigten Messtank gefördert (**Bild 1**). Der Messtank übergibt das Saatgut nach Abschluss der Wiegung zurück in den Saatgutbehälter. Aus den vom Bediener vorabingegebenen Parametern Aussaatmenge, Saatgutart, Tausendkornmasse und maximale gewünschte Arbeitsgeschwindigkeit errechnet das System die Wiegezähl und die maximal mögliche Arbeitsgeschwindigkeit. Bestätigt der Bediener die vorgeschlagenen Werte, ist die Abdreprobe abgeschlossen. Ein direkter Zugang zu Dosiereinheit und Auffangbehälter ist nicht notwendig. Alle Arbeitsschritte sind vom Fahrersitz aus möglich, sodass eine Überprüfung der Maschineneinstellung auch während der Drillarbeit erfolgen kann.

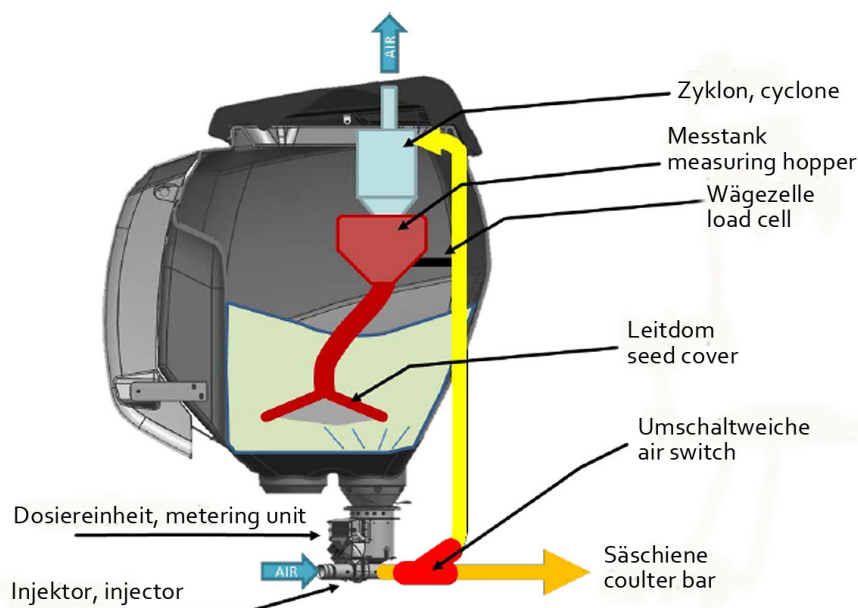


Bild 1: System zur automatisierten Abdreprobe [1]

Figure 1: System for automated calibration test [1]

Väderstad präsentiert modular aufgebaute Dosiergeräte für Saatgut und/oder Dünger, die jeweils 2 m Arbeitsbreite versorgen und dadurch Teilbreitenschaltungen ohne zusätzliche Bauteile ermöglichen. Weitere nützliche Eigenschaften bestehen nach Darstellung des Herstellers in der Wahlmöglichkeit für den Landwirt, Saatgut und Dünger gemischt oder getrennt auszubringen oder beide Tanks mit Saatgut zu befüllen. Ein weiterer Vorzug ist die luftdichtende Arbeitsweise des Dosierrotors im Gehäuse, weshalb auch bei offenen Tanks kein Injektor zum Einspeisen des Saatgutes in den Luftstrom notwendig ist - mit dem Effekt geringerer Leistungsverluste [2].

Kverneland rüstet einige Modellreihen pneumatischer Drillmaschinen mit einem elektrisch angetriebenen, ISOBUS-fähigen Dosiergerät aus, das sowohl für Injektormaschinen als auch für Maschinen mit Drucktank vorgesehen ist. Beim Einsatz in Drucktankmaschinen verhindert eine zusätzlich montierte Dichtung einen Luftaustritt am Dosiergerät. Zur exakten Dosierung von Fein- und Grobsaaten sowie granuliertem Dünger stehen unterschiedliche Rotoren zur Verfügung. Das System erkennt automatisch die aktuell im Dosiergerät montierten Rotoren und warnt den Bediener, falls diese nicht mit der gewählten Saatgutart übereinstimmen [3].

Horsch entwickelte eine Direktsaatmaschine mit Einscheibenscharen, die einen maximalen Schardruck von 200 kg erreichen, **Bild 2**. Die Schare sind mit einer seitlichen Tiefenführungsrolle sowie einer nachlaufenden Druckrolle zum Schließen der Saatsfurche und zur Saatguteinbettung ausgerüstet.



Bild 2: Einscheiben - Direktsaatschar von Horsch [4]

Figure 2: Horsch single disc coulter for direct seeding [4]

Ein von Amazone entwickeltes System erkennt und kompensiert automatisch die bei pneumatischen Drillmaschinen unvermeidbare Verzögerungszeit zwischen Start oder Stopp der Dosierung und dem Beginn oder Ende der Kornablage in der Saatsfurche. Diese Verzögerungszeit kann je nach Aufbau und Betriebspunkt der Maschine (Gebläsedrehzahl) mehrere Sekunden betragen. Sie variiert in Abhängigkeit vom Saatgut und weiteren Parametern wie Feuchtigkeit oder Art des Beizmittels und ist für eine präzise Aussaat beim Arbeiten mit

Section Control zu berücksichtigen. Ein optischer Sensor erkennt Beginn oder Ende der Saatgutförderung direkt am Schar, wodurch das System auch auf Änderungen bei den Förderereigenschaften des Saatgutes reagiert. Die Maschinensteuerung berechnet automatisch die Förderzeit und bestimmt den optimalen Zeitpunkt für Start und Stopp der Dosierung am Vorgewende, **Bild 3**. Eine optische Darstellung im Display, kombiniert mit einem akustischen Signal zeigt dem Fahrer, dass ab diesem Zeitpunkt die Geschwindigkeit bis zum Erreichen oder Verlassen des Vorgewendes konstant gehalten werden muss. Das Assistenzsystem gibt dem Fahrer somit eine Hilfestellung, um ein optimales Schalten und damit verbessertes Säbild zu erreichen [5].

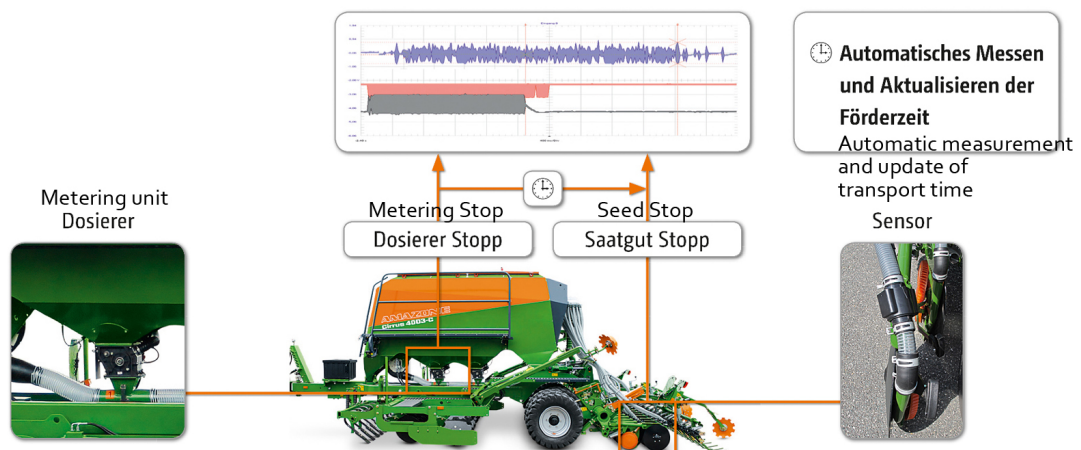


Bild 3: GPS-Switch mit AutoPoint von Amazone [5]

Figure 3: Amazone GPS-Switch with AutoPoint [5]

Seit Jahren arbeiten Hersteller und Wissenschaftler an den von Praktikern geforderten Sensoren zur Körnerzählung bei Drillmaschinen. Diese Sensoren realisieren eine vollautomatische Regelung der Aussaatmenge und erübrigen dadurch die Abdrehprobe. Hohe Kornfrequenzen, kleines und teilweise gehäuftes Saatgut sowie Verschmutzung durch Staub und Beizmittel verhinderten bisher die breite Einführung in die Praxis [6]. Anlässlich der Agritechnica 2015 gibt es zwei Neuvorstellungen, die laut Herstellerangaben die genannten Forderungen erfüllen:

Digitroll und Väderstad stellten einen Körnersensor vor, der mittels Infrarotlicht und sechs Fototransistoren die aktuelle Körnerzahl in jeder Saatleitung pneumatischer Drillmaschinen mit einer Genauigkeit von 98 - 99 % bei einer Kornfrequenz von 250 Körnern pro Sekunde zählt [7].

Müller Elektronik und Horsch präsentierten einen Sensor mit Zählfrequenzen bis zu 10.000 Körner pro Sekunde und Selbstreinigungseffekt [8; 9]. Sind alle Saatleitungen der Drillmaschine mit diesen Sensoren ausgestattet, ist keine Abdrehprobe notwendig. Vor dem Arbeitsbeginn teilt der Bediener dem System die gewünschte Kornzahl je m^2 mit, danach erfolgt die Regelung der Saatmenge automatisch.

Agtron Enterprises Inc. entwickelte Durchflusssensoren für Airseeder, die keine Kabel benötigen. Die Sensoren senden ihre Signale über ein energieeffizientes vermaschtes Netz (wireless mesh network) zum jeweils benachbarten Sensor. Die benötigte Energie erzeugen in den Sensor integrierte Vibrationsgeneratoren, die die Schwingung der Säscharre in elektrische Energie wandeln und ca. 0,5 mW Leistung aufweisen [10]. Zentrale, von der Traktorbatterie gespeiste Sender-/Empfängereinheiten sammeln die Sensorsignale und übermitteln sie an den Monitor in der Traktorkabine. Dieser Aufbau ermöglicht die Anordnung der Sensoren unmittelbar am Schar, wodurch Verstopfungen wesentlich frühzeitiger erkannt werden können als bei am Verteiler montierten Sensoren.

Einzelkornsaat

Lemken bringt mit der Azurit eine Einzelkornsämaschine neu auf den Markt, die das Saatgut in einer gespreizten Reihe mit einem Abstand von 12,5 cm zwischen den Teilreihen ablegt. Vor der Saatgutablage platziert ein Düngeschar mittig zwischen den Säreihen ein Düngerbänd. Die nachfolgende Trapezwalze schließt die Düngefurche und bereitet ein ebenes, rückverfestigtes Saatbeet, **Bild 4**. Vorteile dieses Prinzips sieht Lemken in der besseren Standraumverteilung der Pflanzen (Dreiecksverband durch synchronisierte Säscheiben) und in der exakten Kornvereinzelung auch bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten, was aus der prinzipbedingten halbierten Vereinzelungsfrequenz pro Säscheibe resultiert [11].

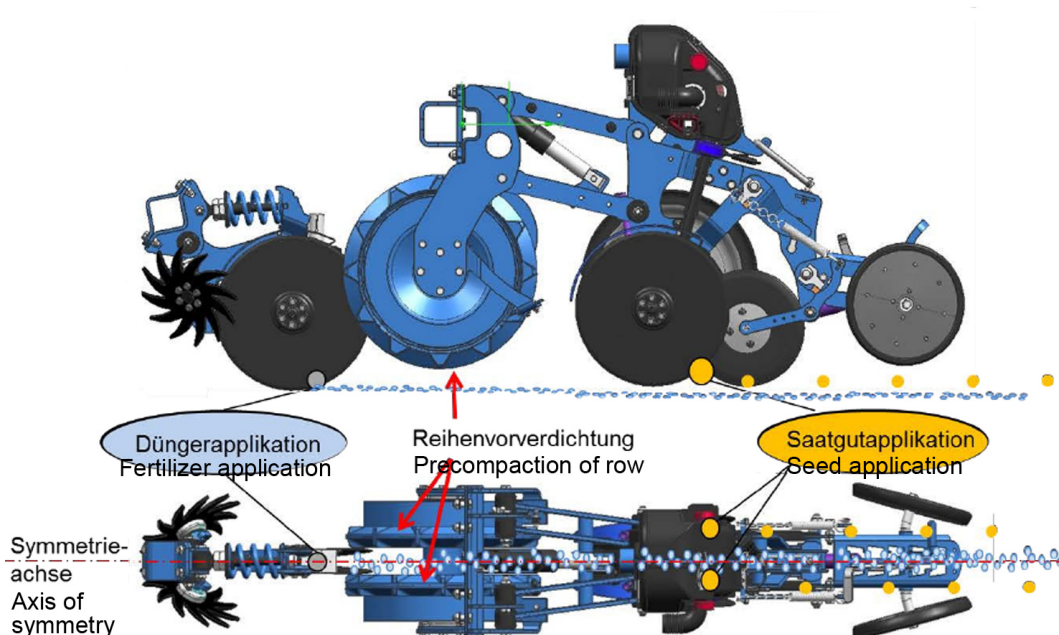


Bild 4: Lemken Azurit Säggregat für DeltaRow [11]

Figure 4: Lemken Azurit sowing unit for DeltaRow [11]

Mehrere Hersteller statten ihre Maschinen erstmals mit Regeltechnik für bisher nicht überwachte Qualitätsparameter bei der Einzelkornsäat aus. Dazu gehören Tiefenablage, Saat-Boden-Kontakt und gleicher Saatabstand bei der Kurvenfahrt.

John Deere verbessert die Automatisierung der Einzelkornsäat durch eine intelligente Verknüpfung dieser Parameter für Steuerungs-, Überwachungs- und Dokumentationsfunktionen. Aufgezeichnete Prozessdaten sind online und offline visualisierbar [12]. Die Regelung der Ablagetiefe bei der ExactEmerge erfolgt mit einem pneumatischen Anpressdrucksystem auf Basis der durch Druck-, Kraft- und Beschleunigungssensoren an der Säreihe gemessenen Restkraft, die zwischen den Tiefenführungsradern und dem Boden wirkt (Anpressdruckreserve). Die Anpassung der Kornabstände bei Kurvenfahrt bezeichnet John Deere als Curve Compensation Technologie. Ein dreiachsiger Beschleunigungssensor und ein Gyroskop erfassen die Dynamik der Sämaschine und führen ihre Messwerte dem Regelkreis der Kornabstände zu. Ebenfalls neu ist die Durchflussmengenregelung am hydraulischen Traktorsteuergerät für den Gebläseantrieb der Einzelkornsämaschine auf Basis des Unterdrucks an den Säscheiben - ein weiteres Beispiel einer Traktor-Anbaugeräte Automatisierung.

Das AutoForce-System von Horsch passt den Schardruck automatisch an die Bodenbedingungen an und ermöglicht die exakte Einhaltung der Ablagetiefe bei wechselnden Bodenbedingungen [13]. Mit Contour Farming ist die Maestro SW in der Lage, die Kornabstände bei Kurvenfahrt zu optimieren. Zwei an den Außenkanten der Einzelkornsämaschine montierte Radarsensoren ermitteln die Geschwindigkeit. Abhängig von der Geschwindigkeitsdifferenz dosieren die kurveninneren Säreihen weniger Körner je Zeiteinheit als die kurvenäußeren. Dadurch bleibt die Aussaatmenge je Hektar pro Reihe identisch mit der voreingestellten Sollmenge [14].

Great Plains stellt ein Punktapplikationssystem für Flüssigdünger bei der Maisaussaat vor, **Bild 5**. Das System regelt Zeitpunkt und Dauer der Öffnung des Auslassventils basierend auf der vorgewählten Nährstoffmenge, dem gewünschten Abstand zum Saatkorn und dem vorhandenen Systemdruck [15]. Erste Anwendungsergebnisse in den USA aus dem Jahr 2014 ergaben Kosteneinsparungen von 51 €/ha bei einer Ausbringungsmenge von 23 l/ha (7-22-5 plus Zink) in Maisbeständen mit Doppelreihen und 79.000 - 99.000 Pflanzen/ha.

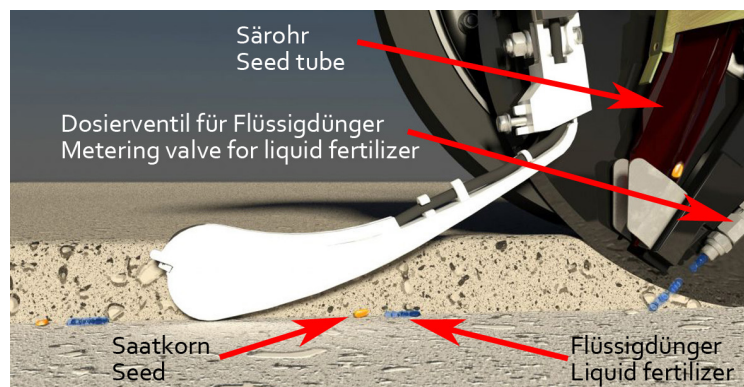


Bild 5: AccuShot System zur präzisen Flüssigdüngerapplikation bei der Maisaussaat [15]

Figure 5: AccuShot System for precise liquid fertilizer application at maize planting [15]

Die von Kverneland vorgestellte Einzelkornsämaschine TF Profi erhöht ebenfalls die Präzision bei der Startdüngerausbringung zur Maisaussaat. Die Maschine verfügt über Wiegestäbe unter dem Düngertank sowie einen Neigungssensor, deren Signale im ISOBUS-System verarbeitet werden und die im Terminal eingegebene Ausbringungsmenge permanent überwa-

chen. Der Abdrehvorgang für die Düngerausbringung entfällt. Auch bei sich ändernden Düngereigenschaften z.B. durch wechselnde Feuchtigkeit oder heterogene Düngerschichten bleibt die Ausbringmenge konstant [16].

Die Firma Grimme Landmaschinenfabrik stellte sich zur Agritechnica 2015 als neuer Anbieter für Einzelkornsämaschinen vor. Die mechanische Einzelkornsämaschine MATRIX für Zucker- und Futterrüben, Chicorée sowie Raps ist 12- oder 18-reihig mit 45, 48 oder 50 cm Reihenabstand lieferbar. Die Maschine ist für Mulch- und Normalsaat geeignet und kann mechanisch mit bis zu 90 kg, optional hydraulisch bis zu 190 kg pro Reihe belastet werden. Die Vereinzelnung erfolgt in einem tief im Schar positionierten innenbefüllten Zellenrad mit nur 2,5 cm Fallhöhe. Der elektrische Antrieb der Säaggregate macht die Maschine ISOBUS-fähig und bietet die bekannten Anwendungsmöglichkeiten wie z. B. flexible Fahrgassen und Nutzung des Rendreiheneffektes. In Verbindung mit GPS sind weitere Funktionen wie Section Control möglich [17].

Forschungsergebnisse

Yazgi führte die Untersuchungen von Koller [18] zum Flugverhalten vereinzelter Maiskörner nach dem Abwurf von der Säscheibe mit einem Vereinzelnungsaggregat AGCO White 9000 Series fort [19]. Die Untersuchungen erfolgten sowohl mit flachen als auch mit runden Kornformen und bei verschiedenen Neigungswinkeln des Säaggregates, um Hangeinflüsse zu simulieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Vereinzelnungsgenauigkeit unter den gegebenen Bedingungen von der Kornform nur wenig, von der Hangneigung jedoch stark beeinflusst wird.

Taylor untersuchte den Einfluss des Ablagewinkels von Maissaatgut in Bezug zur Richtung der Maisreihe auf die Ausrichtung der Blätter und den Ertrag [20; 21]. Die Ausgangshypothese bestand darin, dass der Kornertrag bei Mais durch bessere Ausnutzung des Lichtes gesteigert werden könne, wenn die Blätter aller Pflanzen quer zur Reihenrichtung ausgerichtet sind. Einjährige Ergebnisse zeigten keine signifikanten Ertragsunterschiede, die Richtung der Blattausbildung korrelierte jedoch unterschiedlich mit der Ausrichtung der manuell gelegten Maiskörner.

Den Einfluss von Anpresskraft und Fahrgeschwindigkeit auf die Pflanzenabstände bei Mais ermittelte Yazgi unter Direktsaat- und Strip till- Bedingungen. Eine vierreihige Anbaumaschine John Deere 7300 kam bei Geschwindigkeiten von 4,8 - 14,4 km/h zum Einsatz. Messgrößen waren neben den Kornabständen im Fallrohr die vertikalen Kräfte und Beschleunigungen an den Säaggregaten sowie die Vertikalbeschleunigung des Rahmens. Im Ergebnis zeigten sich signifikante Geschwindigkeitseinflüsse, während die Anpresskräfte keine eindeutige Auswirkung auf die Pflanzenabstände aufwiesen [22].

Die Optimierung der Tiefenführung bei Säaggregaten für die Direktsaat von Mais sowohl in einer Simulation als auch in praktischen Feldtests wird in [23] beschrieben. Das untersuchte Aggregat verfügt über ein Doppelscheibenschar mit seitlichen Tiefenführungsrollen. Die Simulationsergebnisse ergaben bei Geschwindigkeiten von mehr als 9 km/h eine deutliche Verschlechterung der Tiefengenauigkeit.

Der Einfluss des elektrischen oder mechanischen Antriebs auf das Vereinzelergebnis bei Vereinzlungsaggregaten für Mais ist Gegenstand der Untersuchung in [24]. Das Aggregat arbeitet nach dem bekannten Prinzip des außen durch Schwerkraft befüllten Zellenrades mit pneumatischer Vereinzlung. Die Untersuchungen bei 8 km/h und 25 cm Kornabstand zeigen, dass die Höhe des Luftdrucks das Vereinzelergebnis signifikant beeinflusst, während die Art des Antriebssystems nicht signifikant wirkt.

Prüfer quantifizierte im Projekt ADALS - Anwenderfreundliche DEM - Datenbank für landwirtschaftliche Stoffe - wesentliche Stoffeigenschaften von Saatgütern, um diese für Anwender von DEM- Simulationstools verfügbar zu machen. Statische und dynamische Testverfahren zur Parameterbestimmung wurden verifiziert, so dass künftig die Parameter weiterer granulierter Stoffe, z. B. Mineraldünger, mit geringem Aufwand in die Datenbank integriert werden können [25].

Das Verhalten von Baumwollsaamen bei der Vereinzlung mit einem nach dem Saugluftprinzip mit senkrechter Lochscheibe arbeitenden Vereinzlungsaggregat wird in [26] untersucht. Um Brückenbildung im Saatgut zu verringern, erfolgt die Optimierung von Saugflächengeometrie und Rührwerk mittels einer DEM-Simulation. Diese Simulation basiert auf der Modellierung aller beim Vereinzlungsvorgang wirkenden Kräfte. Ähnliche Untersuchungen mit mechanisch arbeitenden Vereinzlungsaggregaten für Mais und Reis werden in [27] und [28] beschrieben.

Siemens und Gayler vergleichen die Ablagegenauigkeit mechanischer und pneumatischer Systeme (Stanhay 870 belt - System und 785 pneumatisches System) bei der Aussaat von Salat [29]. Um die Genauigkeit der pneumatischen Maschinen für dieses sehr anspruchsvolle Saatgut zu verbessern, verringerten die Autoren die Fallhöhe durch Modifikationen am Schar und am Gehäuse. Trotz der vorgenommenen Veränderungen erreichten die mechanischen Systeme höhere Ablagegenauigkeiten.

Zusammenfassung

Neue Entwicklungen für Drillsaat ermöglichen die automatische Einstellung der Aussaatmenge unter Wegfall der Abdreprobe. Technische Lösungen bestehen in der Integration eines Wiegetanks oder in der Verwendung leistungsfähiger Sensoren für die Körnerzählung mit Zählfrequenzen bis zu 10.000 Körner pro Sekunde. Weitere Neuheiten betreffen u.a. modulare und flexibel einsetzbare Dosiergeräte, Direktsaatschare, kabellos arbeitende Durchflusssensoren und neue Elektronikfunktionen.

Im Bereich Einzelkornsaat stellen Lemken und Grimme neue Maschinen vor. Komplexe Automatisierungslösungen integrieren bisher nicht genutzte Parameter, z. B. die Anpressdruckreserve in die Regelung, um die Ablagepräzision weiter zu erhöhen. Zwei Lösungen zur Steigerung der Effizienz bei der Startdüngung von Mais werden vorgestellt.

Forschungsergebnisse beinhalten u.a. die Optimierung der Vereinzlung verschiedener Saatgüter, die Auswirkung verschiedener Parameter auf die Ablagegenauigkeit und den Ertrag bei Mais sowie erste Schritte zur Erstellung einer DEM- Datenbank für landwirtschaftlich genutzte Stoffe.

Literatur

- [1] Giesen, G.: Automatische Abdrehprobe zur Saatguteinstellung von pneumatischen Drillmaschinen. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015. LEMKEN GmbH & Co. KG, Alpen.
- [2] Stark, C.: Fenix III. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Väderstad-Verken AB, Väderstad, Sweden.
- [3] -, -: ELDOS - Easy Calibration with the new Metering Device by Kverneland Accord. Press Release, 27. 07. 2015, Kverneland Group GmbH, Soest.
- [4] -, -: Avatar – Neue Sämaschine mit Einscheibenschar. Pressemitteilung, Schwandorf, 25.09.2015, Horsch Maschinen GmbH.
- [5] -, -: Go for Innovation. Neuheiteninformation zur Agritechnica 2015, AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste.
- [6] Gall, C.; Köller, K.: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012.
- [7] Stark, C.: SeedEye. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Väderstad-Verken AB, Väderstad, Sweden.
- [8] Buschmeier, F.: AIRidium®-Sensor. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Müller-Elektronik GmbH & Co. KG Salzkotten.
- [9] -, -: SeedControl – Kein Abdrehen mehr bei allen HORSCH Sämaschinen. Pressemitteilung, Schwandorf, 25.09.2015, Horsch Maschinen GmbH.
- [10] Baker, W.: Wireless flow monitoring system for an Airseeder, internationale Patentanmeldung WO 2014/197973 A1; 2014.
- [11] Giesen, G.: DeltaRow. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Lemken GmbH & Co. KG, Alpen.
- [12] Wronka, T.: Qualitätssystem mit Infield-Automatisierung für John Deere ExactEmerge. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, John Deere GmbH & Co. KG, Mannheim.
- [13] Braun, M.: Horsch AutoForce. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf.
- [14] Braun, M.: Horsch Contour Farming. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf.
- [15] Burgardt, D.: AccuShot. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015. Great Plains Manufacturing Inc., Salina, Kansas USA.
- [16] Kaczmarczyk, A.: Optima TF Profi. Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2015, Kvernelandgroup Deutschland GmbH, Soest.
- [17] -, -: Matrix 1200/1800. Produktinformation Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme: 2015.
- [18] Koller, A. et al: Test method for precision seed singulation systems; Transactions of the ASABE Vol. 57(5), 2014, S. 1283-1290.

-
- [19] Yazgi, A. et al: Performance modeling and seed releasing characteristics of a corn planter metering unit using response surface methodology. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152184161.
 - [20] Taylor, R. et al: Evaluation of Corn Seed Orientation. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152134331.
 - [21] Taylor, R. et al: Designing a Precision Planter to Place Oriented Corn Seeds. VDI-Berichte Nr. 2251, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2015, S. 133 – 139.
 - [22] Yazgi, A. et al: Isolating Corn Plant Spacing Variability. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152115668.
 - [23] Zhang, R. et al: Optimal design and simulation analysis on a sowing depth control unit for corn precision planter. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189688.
 - [24] Liang, Z. et al: Experimental Study on Motor Driven Pneumatic Precision Seed-metering Device For Maize. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189758.
 - [25] Prüfer, A.; Meinel, T.: ADALS – A Database for Agricultural Materials and a new Approach in Parameterization of DEM Simulations. VDI-Berichte Nr. 2251, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2015, S. 371-378.
 - [26] Han, D. et al: Design and Simulation of air-suction precision cottonseed-metering device based on discrete element method. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152188925.
 - [27] Liu, Q. et al: Maize seed movement characteristic and seed-filling performance analysis in seed transport and delivery unit based on ADAMS. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152189854.
 - [28] Liu, C. et al: The Research on Filling Theory of Rice Seed Precision Metering Device Based on Three Dimension Scanning Technique. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152188484.
 - [29] Siemens, M.C.; Gayler, R.R.: Improving Seed Spacing Uniformity of Precision Vegetable Planters. 2015 ASABE Annual International Meeting New Orleans, July 26 – 29, 2015, Paper Number: 152190060.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 05.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055117>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/242.html>

Neues aus der Pflanzenschutztechnik

Jens Karl Wegener

Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

Kurzfassung

In der Pflanzenschutztechnik hat es auch in diesem Jahr wieder viele technische Innovationen gegeben, die zukünftig Einzug in die Praxis halten werden. Die Anzahl an sensorgesteuerten Funktionen, die den Anwender bei der Applikation unterstützen, nimmt weiterhin zu. Mit dem System "Connected Crop Protection" ist zudem erstmals die Verknüpfung von Internet, Software und Gerätekomponenten im Bereich der Pflanzenschutztechnik erfolgt. Des Weiteren gibt es ein neues und vielversprechendes Konzept zur Direkteinspeisung, mit dem bislang bekannte Probleme dieser Systeme gelöst werden konnten. Neben weiteren technischen Neuerungen wie z.B. die Pulsweitenmodulation informiert der Artikel auch über ein neues Prüfverfahren zur Gestängesteuerung sowie über grundlegende Erkenntnisse zum Einflussverhalten technischer Parameter auf die Verteilungsqualität von Raumsprüheräten.

Schlüsselwörter

Direkteinspeisung, Connected Crop Protection, Pulsweitenmodulation, teilflächenspezifische Applikation, Anwenderschutz, Gestängesteuerung, Optimierung der Vertikalverteilung

News about plant protection technology

Jens Karl Wegener

Julius Kuehn-Institute, Institute for Application Technology in Plant Protection, Brunswick

Abstract

Within the field of application technology a lot of innovations could be seen during this year which will be more and more available on the market in future. The numbers of sensor-controlled features supporting the operator are increasing. For the first time in the field of crop protection an instrument called "Connected Crop Protection" was presented which connects internet, software and spraying hardware within one system. Moreover a new concept for the direct injection of plant protection products on field sprayers was introduced having solved all the known difficulties of such systems in the past. Besides other technical innovations like e.g. puls with modulation the article informs about a new test procedure for automatic spray boom control systems as well as basic finding about the influence of technical parameters and their impact on the quality of spray liquid distribution in vertical crops.

Keywords

Direct Injection, Connected Crop Protection, Pulse Width Modulation, Boom Control, Side Specific Application, Operator Protection, Optimization of Vertical Distribution

Neue Entwicklungen aus dem Pflanzenschutz

Connected Crop Protection

Wie schon in den Vorjahren geht der Trend in der Pflanzenschutztechnik zu mehr Präzision bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Die wichtigste Neuerung in diesem Zusammenhang besteht in der Integration eines Internet-Portals und verschiedener Software- und Gerätekomponten, die eine durchgängige Unterstützung des Anwenders von der Planung über die Anwendung bis zur Dokumentation ermöglicht. Das von Fa. John Deere präsentierte System "Connected Crop Protection", das zusammen mit öffentlichen Partnern (ISIP, ZEPP, JKI und KTBL) entwickelt wurde, fasst erstmalig Wissen, Beratung, Praxis und Werkzeug in einem integrierten Ansatz zusammen. Es ist in der Lage, auf Grundlage von Informationen zur Behandlungsfläche und zu den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln, Applikationskarten zu generieren, in denen Abstände zu schützenswerten Bereichen wie z.B. Gewässer oder Saumstrukturen vom System automatisch berücksichtigt werden. Die Applikationskarte wird im herstellerunabhängigen ISO-XML Format auf eine Feldspritze mit ISOBUS übertragen und bei der Applikation automatisch abgearbeitet. Dabei können auch teilflächenspezifische Maßnahmen berücksichtigt werden. Darüber hinaus wird der Anwender auch bei der Befüllung des Feldspritzengeräts unterstützt. Alle Verfahrensschritte werden zudem elektronisch dokumentiert. Wird die Dokumentation durch den Landwirt dem Internet-Portal zur Verfügung gestellt, sollen die Daten zur Verbesserung künftiger Empfehlungen, etwa zum Pflanzenschutzmitteleinsatz, zur Mischbarkeit, zu den Aufwandmengen und bezüglich möglicher Zusatzstoffe verwendet werden können.

Pulsweitenmodulation

Die Pulsweitenmodulation (PWM) ist seit längerem aus den USA bekannt und wird dort von verschiedenen Herstellern angeboten. Die PWM ermöglicht die Realisierung verschiedener Ausbringungsmengen bei gleichem Druck und gleicher Tropfengröße mit nur einem Düsenkaliber. Dazu wird vor jeder Düse ein Ventil angeordnet, das in bisherigen Systemen mit einer Frequenz von 10 Hz geschaltet wird. Dies bedeutet, dass die Düse 10 Mal pro Sekunde geöffnet und geschlossen wird. Durch die Steuerung der Länge der Öffnungszeit bei konstanter Pulsfrequenz kann die Durchflussmenge variiert werden. Laborversuche am JKI haben allerdings gezeigt, dass bei 10 Hz deutliche Schwankungen in der Längsverteilung der Spritzflüssigkeit auftreten. Bei den aktuell vorgestellten Systemen wurde die Pulsfrequenz wesentlich erhöht. Dadurch ist zu erwarten, dass diese Systeme, auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten, bessere Qualitäten in der Längsverteilung aufweisen.

Teilflächenspezifische Applikation

Zur teilflächenspezifischen Behandlung von Ackerflächen, hat Fa. Horsch eine Softwarelösung zur automatischen Düsenschalung entwickelt. Damit lassen sich Düse, Spritzdruck und Zielflächenabstand über Applikationskarten automatisch steuern, um z.B. Abstandsauflagen einzuhalten. Eine ähnliche Lösung, allerdings ohne den Parameter Zielflächenabstand, wurde von Fa. altec vorgestellt.

Mit dem System "Amaspot" stellt Fa. Amazone ein System zur teilflächenspezifischen Durchführung von Totalherbizid-Maßnahmen auf dem Stoppelacker im Rahmen der pfluglosen Bodenbearbeitung vor. Dazu wird die Pulsweitenmodulation mit einem Sensor zur Grünerkennung, einer speziellen Düse mit kleinerem Spritzwinkel sowie einem Düsenabstand von 25 cm kombiniert. Am Gestänge sind die erforderlichen Sensoren in einem Abstand von 1 m montiert und steuern somit jeweils vier Düsen. Mit dem System sind verschiedene Applikationsmuster möglich. So kann das System ausschließlich teilflächenspezifisch arbeiten und das Totalherbizid nur dort ausbringen, wo vom Sensor entsprechend Grünmasse detektiert wurde. Denkbar sind mit Hilfe der PWM aber auch Applikationsstrategien, wo eine ganzflächige Grundbehandlung mit geringerer Aufwandmenge durch eine teilflächenspezifische Behandlung bei höherer Aufwandmenge überlagert wird. Durch die hohe Schaltfrequenz von 50 Hz soll das PWM-System Fahrgeschwindigkeiten bis zu 20 km/h ermöglichen. Nachteilig an dem System ist, dass die notwendige Pflanzenschutzmittelmenge vor der Applikation nicht bekannt ist, so dass es zu Restmengenproblemen kommen kann.

Direkteinspeisung

Diese Restmengenproblematik kann mit Systemen zur Direkteinspeisung gelöst werden. Bislang hatte diese Technik allerdings andere Schwächen [1; 2; 3]. Insbesondere der in **Bild 1** dargestellte "Schmetterlingseffekt", der sich bei zentraler Pflanzenschutzmitteleinspeisung, aufgrund der Verzögerungszeiten bis zum Erreichen der Soll-Konzentration an der letzten Düse, einstellt, war ein Problem für die Praxistauglichkeit derartiger Systeme. Alternative Lösungen, wie die Mitteleinspeisung direkt an der Düse [4], konnten bislang aufgrund unzureichender Dosiergenauigkeiten nicht umgesetzt werden. Weitere Schwächen waren in der Reinigung zu finden. An dem von Fa. Dammann vorgestellten Prototyp, der im Rahmen eines Drittmittelprojekts gemeinsam mit dem JKI entwickelt wurde, konnten alle diese bekannten Probleme gelöst werden [5]. Durch drei verschiedene Spritzsysteme, die auf einem Gerät vereint sind, kann eine verzögerungsfreie Direkteinspeisung zur Dosierung von drei verschiedenen, flüssig formulierten Pflanzenschutzmitteln realisiert werden, mit der eine Dosiergenauigkeit von $\pm 7\%$ vom Soll-Wert eingehalten wird. Erreicht wird dies indem jedem System eine eigene Düsenleitung zugeordnet ist, die vor der Applikation vorgeladen wird, so dass an jeder Düse die gewünschte Soll-Konzentration bereits anliegt. Der Prototyp ist zudem so ausgestattet, dass auch konventionelle Tankmischungen angesetzt werden können, um die Ausbringung fest formulierter Pflanzenschutzmittel zu ermöglichen. Mit einem speziellen Reinigungssystem können alle Direkteinspeisungseinheiten zudem gereinigt werden. Die dabei anfallende Spülflüssigkeit wird in einem separaten Behälter aufgefangen und kann von dort aus später ausgebracht oder fachgerecht entsorgt werden. Die Praxistauglichkeit des Prototyps wird derzeit in Begleitung des JKI weiter untersucht [6].

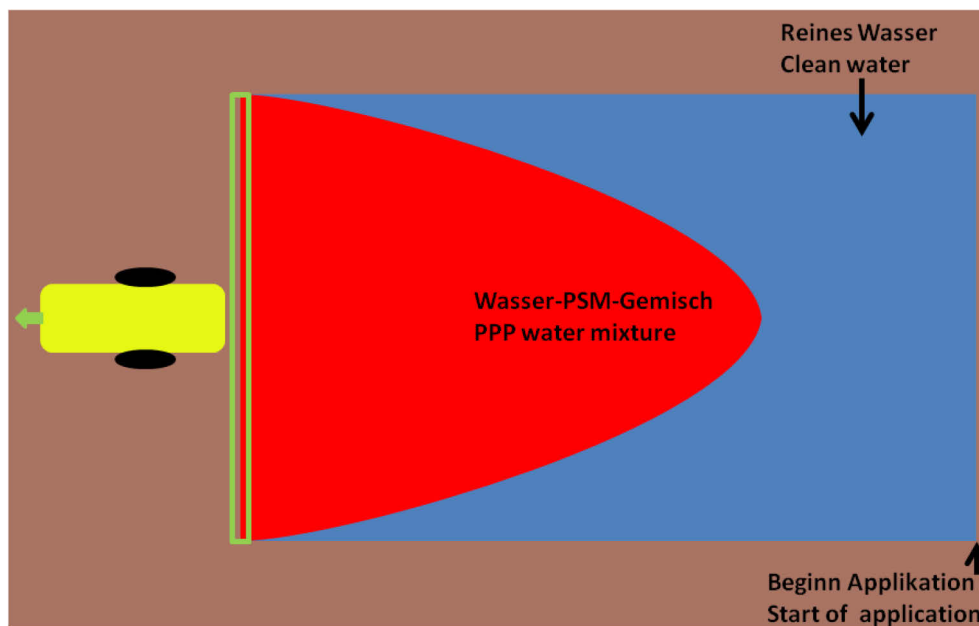


Bild 1: Schmetterlingseffekt bei zentraler Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln ohne Vorladen [6].

Figure 1: Diagram of the butterfly effect created through direct injection of spray material without pre-loading [6].

Spritzgestänge

Mit einer Kombination aus Hard- und Softwarekomponenten hat die Fa. Norac einen elektronischen Helfer namens "Active Yaw" entwickelt, mit dem horizontale Gestängebewegungen unterdrückt werden können. Durch eine spezielle Hydraulik können die Gestängehälften aktiv nach vorne und hinten bewegt werden, um auftretende Schwingungen zu dämpfen. Mit dem System "Active Wing Roll" konnte zudem die Gestängehöhensteuerung weiter verbessert werden. Bei diesem System werden nicht nur der Zielflächenabstand sondern auch die Rollbewegungen des Feldspritzgerätes gemessen, um diese auszugleichen. Die Fa. Horsch bietet unter der Bezeichnung "Boomsight" für ihre Geräte Laserscanner an, mit deren Hilfe die gesamte Arbeitsbreite des Gestänges nach Hindernissen abgetastet werden kann. Das System erkennt auch Bestandslücken (z.B. Lager- oder Wildschäden) als solche, so dass sich diese nicht auf die Gestängehöhensteuerung auswirken, wenn die Lücken nur eine geringe Ausdehnung haben.

Umwelt- und Anwenderschutz

Neben der Reinigung stellt die Befüllung von Spritzgeräten eine Hauptursache für Punkteinträge von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer dar. Um die Befüllung an Spritzgeräten ohne Einspülschleuse für Umwelt und Anwender zu verbessern, hat die Fa. Agrotop schon auf der Agritechnia 2013 mit "easyFlow" ein Konzept entwickelt, das den Kontakt des Anwenders mit dem zu befüllenden Pflanzenschutzmittel ausschließt. Im Rahmen einer JKI-Anerkennungsprüfung wurden dem sonst guten Konzept allerdings Schwächen bei der Entnahme von Teilmengen bescheinigt. Dieses Problem wurde nun mit zwei unterschiedlichen Lösungen

behaben. Das System "easyFlow QF" ist nun mit einem Durchflussmesser und elektronisch gesteuertem Ventil ausgestattet. Der Anwender kann Teilmengen vorwählen und automatisch abmessen. Beim kostengünstigeren "EasyFlow M" läuft das Pflanzenschutzmittel durch ein manuell zu bedienendes Messgefäß und von dort in den Behälter des Geräts.

Auch bei der Pflanzenschutzgerätereinigung gibt es Neues. Mittlerweile werden fast alle größeren Geräte mit automatischen Reinigungseinrichtungen angeboten, mit denen eine wirksame Reinigung auf dem Feld möglich ist. Neu ist das System "XtremeClean" von Fa. Amazone, das als Ergänzung zu herkömmlichen Reinigungssystemen gedacht ist. Dabei handelt es sich um eine intensive Behälterinnenreinigung, mit der auch hartnäckige Anhaftungen gelöst werden können. Die automatische Reinigungseinrichtung ist mit vier Punktstrahl-Hochdruckdüsen ausgestattet, die auf definierten Kurvenbahnen das Behälterinnere abfahren.

Bewertung von automatischen Gestängesteuerungssystemen

Wegen des zunehmenden Angebots an automatischen Gestängesteuerungssystemen für Feldspritzen hat das JKI im Rahmen eines zweijährigen BLE-Drittmittelprojekts zusammen mit der Fa. CheckTec eine neue Testmethode zur Bewertung dieser Systeme entwickelt [7]. Der neue Prüfstand besteht aus mobilen Einheiten, die unter die für die Gestängesteuerung zuständigen Sensoren am Gestänge der Feldspritze platziert werden. Jede mobile Einheit verfügt über Zielflächen mit einer Größe von 100 cm x 150 cm (Breite x Länge), die mit einem Drahtgitter mit einer Maschenweite von 10 mm bespannt sind (**Bild 2**).



Bild 2: Mobiler Prüfstand für die Bewertung automatischer Gestängesteuerungssysteme [7].

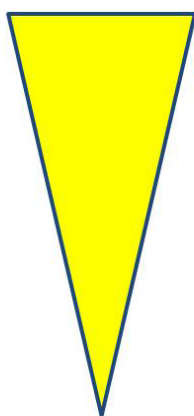
Figure 2: Mobile test bench for the assessment of automatic spray boom control systems [7].

Die Zielflächen können mit einer maximalen Amplitude von ± 50 cm durch einen elektrischen Linearmotor vertikal bewegt werden. Bei gleichphasigem Betrieb aller mobilen Einheiten, kann die automatische Höhensteuerung geprüft werden. Darüber hinaus können die einzelnen Einheiten aber auch gegenphasig betrieben werden, um den automatischen Hangaussgleich oder aber auch Sonderfunktionen wie die automatische Anpassung des Gestänges an das Geländeprofil zu überprüfen.

Für erste Testmessungen an Feldspritzgeräten wurde zunächst ein reproduzierbares künstliches Testsignal generiert, nach dessen Vorgabe die Zielflächen an den mobilen Prüfständen bewegt werden. Die Gestängebewegungen, die denen der Zielfläche folgen, werden mit Hilfe von Laserabstandssensoren, die zusätzlich am Spritzgestänge montiert werden, erfasst und aufgezeichnet. Im Anschluss werden die Abweichungen zwischen Zielflächenbewegung und nachlaufender Gestängebewegung mit statistischen Methoden ausgewertet. Nach Entwicklung dieses neuen Testverfahrens liegt der nächste Schritt in der Ableitung praxisnaher Testsignale sowie der Definition von Bewertungsmaßstäben zur Klassifizierung der Güte von automatischen Systemen zur Gestängesteuerung. Dazu sind in 2016 weitere Versuche geplant.

Optimierung der Vertikalverteilung an Sprühgeräten

Die optimale Einstellung von Sprühgeräten in der Praxis erfordert Kenntnisse über das Zusammenspiel einer ganzen Reihe unterschiedlicher Einflussgrößen, welche den Applikationserfolg bestimmen. Dazu gehören neben Eigenschaften, die den Bestand charakterisieren, insbesondere die technischen Parameter wie Druck, Zielflächenabstand, Düse-zu-Düse Abstand, Düsentyp und luftgestützte vs. Applikation ohne Luft. Im Rahmen eines multifaktoriellen Messprogramms am Vertikalverteilungsprüfstand des JKI, bei dem alle genannten Parameter variiert werden konnten, wurde der Einfluss einzelner Parameter auf die Qualität der Vertikalverteilung anhand des Variationskoeffizienten grundlegend untersucht [8]. Erste Versuchsergebnisse haben aufgezeigt, dass alle genannten Parameter nicht nur die Qualität der Vertikalverteilung beeinflussen sondern dass es auch zu Wechselwirkungen zwischen den Parametern kommen kann [9]. Darüber hinaus wurde belegt, dass die Einflussgröße der einzelnen technischen Parameter durchaus unterschiedlich ist (**Bild 4**). Allerdings gelten diese Aussagen zunächst ausschließlich für Sprühgeräte mit Querstromgebläse. Andere Gebläsearten sind neben weiteren Parametern wie Düsenbauart (z.B. Doppelfachstrahldüse), Düsenkaliber oder Spritzwinkel in weiteren Untersuchungen zu analysieren.



- Düsentyp / type of nozzle
- Abstand zwischen den Düsen / distance from nozzle to nozzle
- Zielflächenabstand / target distance
- Spritzdruck / application pressure
- Einfluss zusätzlicher Luftunterstützung* / Influence of air assistance*

Bild 4: Qualitative Darstellung des Einflusses verschiedener Parameter auf die Vertikalverteilung an Sprühgeräten [8; 9]. *Bei Verwendung eines Querstromgebläses.

Figure 4: Qualitativ impact of different parameters influencing the quality of vertical distribution [8; 9].
*Only proven for cross-flow fan.

Zusammenfassung

In der Pflanzenschutztechnik geht der Trend zur Automatisierung und Optimierung ungebremst weiter. Sensorgesteuerte Systeme unterstützen zunehmend den Anwender und entlasten ihn von Routineaufgaben. Mit der weiteren Verknüpfung von Internet, Software und Gerätekomponenten wird die Anwendungstechnik zunehmend intelligenter und unterstützt den Anwender nun auch bei der Einhaltung der komplexen gesetzlichen Vorgaben. Diese neuen Systeme müssen aber auch auf Ihre Sicherheit, Verlässlichkeit und Leistungsfähigkeit geprüft werden, was für die Pflanzenschutzgeräteprüfung neue Herausforderungen mit sich bringt. Hinsichtlich des zukünftigen Optimierungspotenzials bieten sich gerade im Bereich der Raumkulturen noch viele Möglichkeiten, allerdings sind hier zum Teil noch sehr grundsätzliche Fragestellungen zu untersuchen.

Literatur

- [1] Wartenberg, G. (2000): Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln. Landtechnik 55(6), S. 438–439.
- [2] Vondricka, J.; Schulze Lammers, P. (2009): Real-time controlled direct injection system for precision farming. Precision Agric 10, pp. 421–430.
- [3] Sökefeld, M.; Hlobe, P.; Schulze Lammers, P. (2005): Entwicklung einer Versuchseinrichtung zur Untersuchung der Verzögerungszeiten von Direkteinspeisungssystemen für die teilflächenspezifische Applikation von Herbiziden. Agrartechnische Forschung 11(5), S. 145–154.
- [4] Walgenbach, M. (2014): Aufbau und Untersuchung eines Versuchsträgers zur Direkteinspeisung an der Düse. Forschungsbericht Agrartechnik des Fachausschusses Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI, Nr. 533, 114 Seiten.
- [5] Krebs, M.; Rautmann, D.; Nordmeyer, H.; Wegener, J.K. (2015): Punktgenau ohne Rest. Bauernzeitung 56(8): 34-35.
- [6] Krebs, M.; Rautmann, D.; Nordmeyer, H.; Wegener, J.K. (2015): Development of a direct injection system without time lag for application of plant protection products. Landtechnik 70(6): 238-252.
- [7] Herbst, A.; Osteroth, H.J.; Fleer, W.; Stendel, H. (2015): A method for testing automatic spray boom height control systems. 2015 ASABE Annual International Meeting, Paper Number 152150720, 7 Seiten, (doi:10.13031/aim.20152150720)
- [8] Wegener, J.K.; Osteroth, H.J.; von Hörsten, D.; Pelzer, T. (2015): Influence of different spraying parameters on the spray liquid distribution of sprayers in vertical crops. XVIII. International Plant Protection Congress: Mission possible: food for all through appropriate plant protection, 24. – 27. August 2015, Berlin (Germany), Abstracts, S. 122.
- [9] Wegener, J.K.; von Hörsten, D.; Pelzer, T.; Osteroth, H.J. (2016): Experimentelle Grundlagenuntersuchungen von verschiedenen Einflussparametern auf die Qualität der Vertikalverteilung von Raumsprühgeräten. Landtechnik 71(1): in Druck.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 15.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Wegener, Jens Karl: Neues aus der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-8

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055118>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/245.html>

Halmgutmähen und Halmgutwerben

Steffen Hanke, Johannes Bürke

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

Kurzfassung

Die Marktentwicklung im Bereich der Mähwerke, Wender und Schwader ist weiterhin rückläufig. Der Milchpreis befindet sich auf dem niedrigsten Stand seit 2009. Auf der Agritechnica 2015 wurden vielfältige Neuheiten, wie beispielsweise ein elektrisch angetriebener Schwader, vorgestellt. Aktuell wird maschinenseitig in großem Umfang an Detaillösungen gearbeitet. Die Verwertung von Feld-Reststoffen und sowie das Strohmanagement ist weiterhin von großer Bedeutung. Dazu wurde ein neuer Verfahrens- und Maschinenansatz vorgeschlagen.

Schlüsselwörter

Mähwerke, Wender, Schwader

Mowing and Treatment of Hay

Steffen Hanke, Johannes Bürke

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

Abstract

Sales of mowers, tedders and swathers in germany are still declining. The milk price is at its lowest level since 2009. Nevertheless innovations such as an electric driven swather are presented at Agritechnica 2015. Further innovations in this sector of agricultural engineering are detailed improvements. The recycling of leftover biomass is indicated as an important process step. In this context two alternative processes have been suggested and investigated.

Keywords

Mowers, tedders, swathers

Markt- und landwirtschaftliche Situation

Die Milcherzeugerpreise unterliegen in den letzten Jahren erheblichen Schwankungen. Für das Jahr 2015 wurde im Durchschnitt ein Milcherzeugerpreis (ab Hof, ohne Mwst.) von ca. 28 Cent/kg erzielt. Das ist der niedrigste Preis seit 2009. Aufgrund dessen werden Landwirte ihre Produktionsprozesse immer weiter hinsichtlich der Produktionskosten optimieren müssen. [1] Hierbei spielt eine auf den Betrieb angepasste Maschinenausstattung eine entscheidende Rolle.

Aktuelle Verkaufszahlen für die Saison 2014/15 liegen für die Mähwerke, Schwader und Wender bei 17.740 Einheiten und erleiden damit einem Rückgang von 11 % gegenüber des Vorjahres.

Somit kann, wie im **Bild 1** dargestellt, der Milchpreis als Indikator für Verkaufszahlen der Grünlandtechnik verwendet werden, um tendenziell Aussagen zum zukünftigen Marktvolumen zu geben [2].

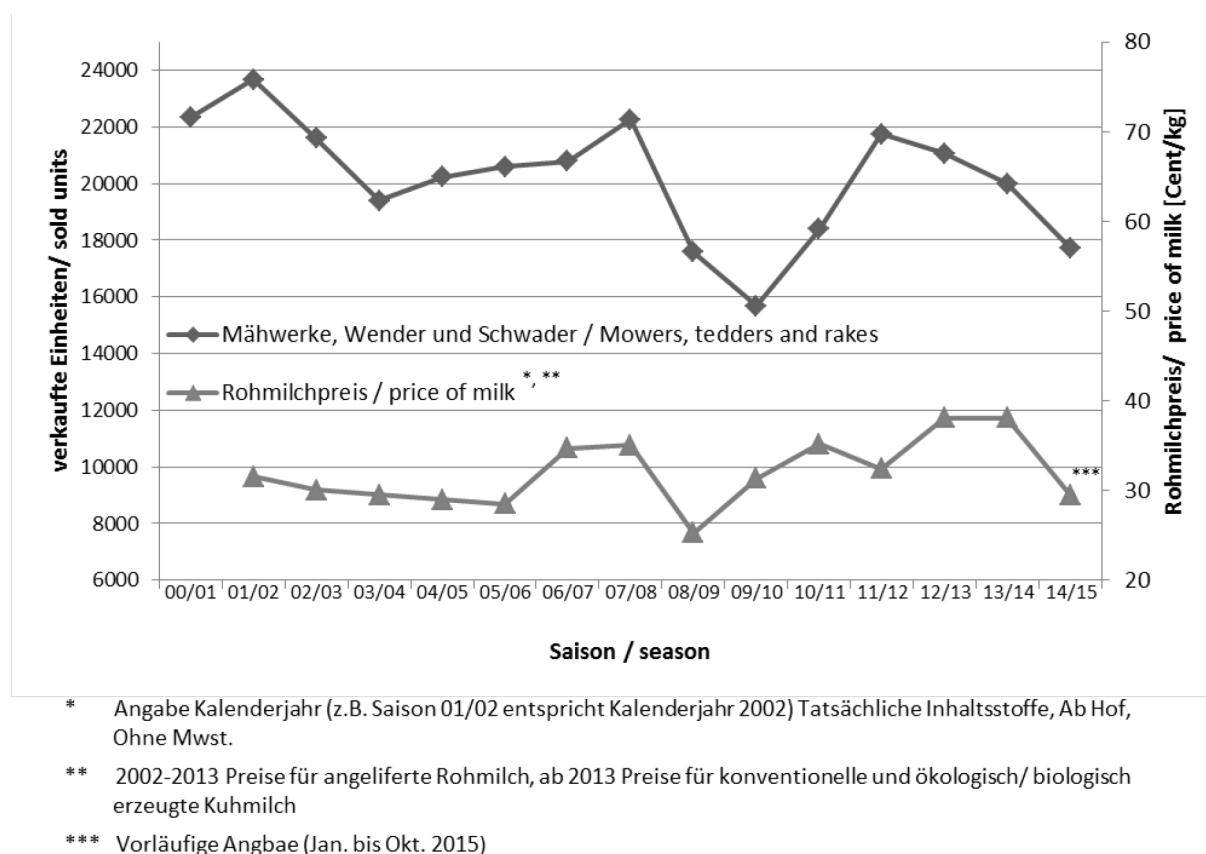


Bild 1: Verkaufszahlen in Deutschland von Mähwerken, Wendern und Schwadern nach VDMA sowie Rohmilchpreis [3 bis 5]

Figure 1: Sales of mowers, tedders and swathers in Germany according to VDMA and price of milk [3 bis 5]

Dieser Trend wird von der Industrie bestätigt. Der sich in den Jahren 2012/2013 auf einem hohen Niveau befindliche Markt wird laut Prognosen der Hersteller weiter fallen. Es lässt sich desweiter feststellen, dass der Trend zu Maschinen mit größer werdenden Arbeitsbreiten weiter anhält. Firma Krone berichtet in diesem Zusammenhang, dass trotz rückläufigen Marktes die verkaufte Arbeitsbreite gleich geblieben sei. Bei Wendern sind momentan Arbeitsbreiten zwischen 10 und 15 m mit 8 bis 12 Kreiseln besonders gefragt. Die Nachfrage nach größeren Arbeitsbreiten (bis 19 m und 18 Kreiseln) ist vergleichsweise gering, nimmt aber zu. Auch bei Schwadern ist die Arbeitsbreite in den letzten Jahren gestiegen. Hier sind momentan Arbeitsbreiten von 10 bis 12 m gefragt [6]. Ähnliche Angaben erhält man vom VDMA. Demnach gab es eine erhöhte Nachfrage nach Maschinen mit großen Arbeitsbreiten. Der Trend geht bei Mähwerken in Richtung oberhalb der 5 m und bei Zettwendern größer als 10 m [2].

Nachdem das ehemalige Unternehmen Fella im Jahr 2011 zu 100 % durch AGCO übernommen wurde [7], werden die Produkte nun zu einem Großteil unter Massey Ferguson weltweit vertrieben. Neben Mähwerken werden Schwader und Heuwender angeboten. Die AGCO Grünfüttererntetechnik stammt vor allem von Fella und heißt Cutter (Trommelmäher), Slicer (Scheibenmähwerk), Twister (Wender) und Former (Schwader) [8; 9].

Einsatzbereite Neuvorstellungen

Halmgutmähen

Eine neue Mähkombination wird von der Firma McHale präsentiert. Besonderheit bei dieser Kombination aus Front- und Heckmähwerk ist die neu patentierte Aufhängung beim Heckmäher. Eine 3-dimensionale Boden Anpassung wird hierdurch ermöglicht [10].

Krone stellte eine leistungsfähige Technik zum Wechseln der Messerklingen von Mähwerken vor. Dabei handelt es sich um ein Werkzeug namens Quickchange, welches über Druckluft die Federplatte des Messerhalters nach unten drückt. Die Klinge kann somit gedreht bzw. gewechselt werden [11].

Der Tierschutz ist auch beim Mähen weiterhin von großem Interesse. Eine praxisorientierte Lösung zum Thema wurde in der niederländischen Fachzeitschrift Boerderij vorgestellt. Ein Betrieb stattete seine Mähwerks-Kombination mit einem sogenannten Wildretter aus. Dabei sind Ketten an zusätzlichen Auslegern am Frontmähwerk montiert. Ein Ausleger ca. 3 m nach vorn und die anderen beiden seitlich ca. 5 m vor den Heckmähwerken. Die Ketten kämmen durch das Gras und schrecken die Tiere auf [12].

Halmgutwerben

Ein elektrifizierter Schwaderantrieb wurde von der Firma Fendt vorgestellt. Der Schwader soll als serienreifes Produkt 2016 auf dem Markt erhältlich sein. Die Besonderheit sind die rein elektrisch angetriebenen rotierenden Schwader. Über eine 700 V Gleichspannungsschnittstelle, spezifiziert nach AEF (Agricultural Industrie Electronics Foundation), werden die in der Gehäuseglocke des Schwaders integrierten Elektromotoren mit elektrischer Energie vom Zugfahrzeug versorgt. In jeder Schwaderglocke befindet sich ein separater „Tor-

quemotor“ der ohne ein zwischengeschaltetes mechanisches Getriebe direkt den Kreisel mit den Zinken antreibt. Jeder Motor wird dabei von einer eigenen Leistungselektronik gesteuert. Eine aktive Kühlung der Motoren ist nicht notwendig. Da keine mechanische Koppelung zum Zugfahrzeug besteht, ist eine unabhängige Drehzahl-Einstellung für unterschiedliche Betriebszustände (z.B. Anpassung an das Erntegut, Vorgewendestrategien, Notaus-Funktionen) möglich. Der Schwader besitzt 12 Doppelzinken und eine Arbeitsbreite von 12,5 m [13].

Die Firma Fella stellt einen ISOBUS-fähigen Schwader vor, welcher mit dem neuen Managementsystem proConnect des Unternehmens ausgestattet ist. Bestandteil des Systems sind Apps zur Anpassung der Rechhöhe an die Fahrgeschwindigkeit (flexHigh), zum Wechsel von Arbeits- und Transportstellung (MyMemory) und zur Anpassung der Überlappung der vorderen und hinteren Kreisel (gapControl) [14 bis 16].

Einen neuen leichten Schwader für den Frontkraftheber stellt das Unternehmen Agronic vor. Eine Besonderheit ist, dass dieser Schwader 2 Rotoren mit je 16 schleppenden Kunststoff-fingern anstelle der üblichen Stahlfinger besitzt [17].

Entwicklungs- und Forschungsthemen beim Halmgutmähen

Von der Technischen Universität Braunschweig wurde ein neuer Verfahrensansatz zum Strohmanagement vorgestellt.

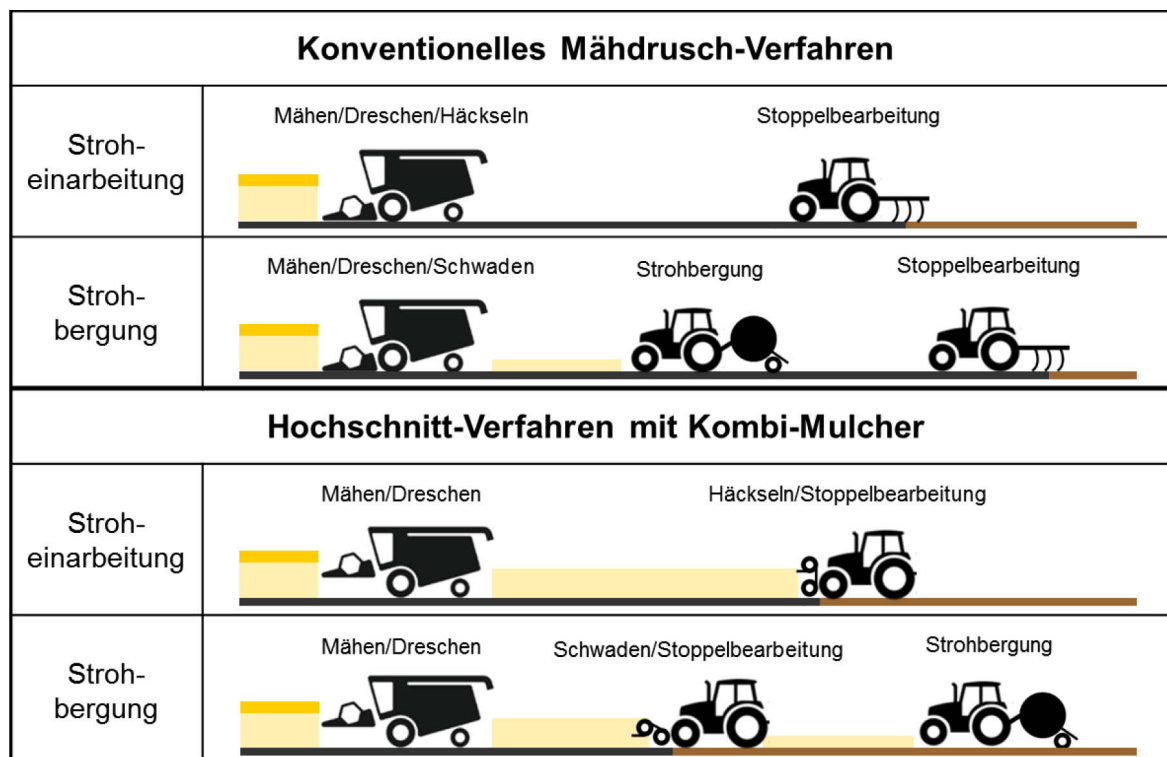


Bild 2: Vergleich der Verfahrensabläufe beim konventionellen Mähdrusch-Verfahren und dem Hochschnitt-Verfahren mit Kombi-Mulcher [18]

Figure 2: Comparison of the procedures in conventional combining and the high-cut method with the combi-mulcher [18]

Eine hohe Verfahrensleistung, eine gleichmäßige Häckselgutverteilung, eine angepasste Strohzerkleinerung und eine gezielte Humusbildung durch variabel regelbare Strohbergung werden dabei verfolgt. Dadurch sollen die Energie- und Kosteneffizienz sowie die Schlagkraft der gesamten Produktionskette erhöht werden. In **Bild 2** sind die Verfahrensschritte für die Ernte mit der anschließenden Stoppelbearbeitung im konventionellen sowie im neuen Verfahren dargestellt. Weitere Informationen zum sogenannten Kombi-Mulcher können der entsprechenden Literaturstelle entnommen werden [18].

Eine weitere Alternative wurde ebenfalls im Eilboten vorgestellt. Österreichische Landwirte wollen neben dem Körnermais ebenso das Maisstroh vom Feld ernten und in Ihrer Biogasanlage verwerten. Dabei untersuchten sie unterschiedliche Verfahren zur Strohbergung. Als bestes System erwies sich ein umgebautes Mulchgerät. Der sogenannte "Biochipper" nimmt die Feldreste auf, zerkleinert diese und fördert sie mittels eines Förderbandes zur Seite. Das entstehende Schwad kann beispielsweise mittels Ladewagen vom Feld geborgen werden [19].

Auf der internationalen LAND.technik Tagung in Hannover wurden zwei interessante Beiträge zum relevanten Themenbereich vorgestellt. Thielke beschäftigt sich mit der Abbildung von Halmgut mittels der Diskreten-Elemente-Methode. Dabei werden unterschiedliche Aufbauweisen von Halmstruktur und deren Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften untersucht. Erste Ergebnisse wurden vorgestellt [20].

Oksanen stellte Versuchsergebnisse von Untersuchungen eines Mähprozesse mit einem Adaptive Cruise Control (ACC) vor. Hierbei wurde ein autonom fahrendes Trägerfahrzeug mit einem zapfwellengetriebenen Frontmäherwerk ausgerüstet. Über eine Drehmomentmessnabe an der Zapfwelle kann die Zapfwellenleistung in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit gemessen werden. Im Mähbetrieb regelt das ACC die Motorleistung über die Anpassung der Fahrgeschwindigkeit, sodass eine konstante Leistung vom Motor bereitgestellt wird [21].

Zusammenfassung

Die Marktentwicklung im Bereich der Mähwerke, Wender und Schwader ist weiterhin rückläufig und der Milchpreis befindet sich auf dem niedrigsten Stand seit 2009. Die Verkaufszahlen der Maschinen gingen um 11 % auf 17.740 Einheiten zurück und werden nach Prognosen der Hersteller weiter fallen.

Auf der Agritechnica wurde eine Vielzahl von Neuheiten, wie beispielsweise ein elektrisch angetriebener Schwader oder eine neue Lösung zum Wechseln der Messerklingen von Mähwerken, vorgestellt werden. Aktuell werden in dieser Sparte der Agrartechnik überwiegend Detaillösungen vorgestellt.

Von Seiten der Forschung und der Praxis werden bisherige Verfahren zum Strohmanagement und zur Verwertung von Reststoffen in Frage gestellt. Dabei wurde ein Verfahrensanatz mit einem Kombi-Mulcher vorgeschlagen und in der Praxis ein alternativer Verfahrensschritt mit einem sogenannten "Biochipper" untersucht.

Literatur

- [1] Kutschenreiter, W.: Menschen, Technik, Innovationen. Agritechnica 2015. Agrartechnik business, (2015), H. 21, S. 2–5.
- [2] Götz, C. 2015: VDMA Landtechnik: Saisongeschäft mit Futtererntetechnik rückläufig. Frankfurt.
- [3] Schmidt, M. 2011: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2011. Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverl, 55. Jg.
- [4] 2015: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2014. 1. Aufl., Münster: Landwirtschaftsvlg Münster.
- [5] 423 (BLE): Preise für ökologische/biologisch erzeugte Kuhmilch. Erstelldatum: 12.01.2016, BLE. URL http://www.ble.de/DE/01_Markt/09_Marktbeobachtung/01_MilchUndMilcherzeugnisse/_functions/TabelleMilchpreiseProMonat2015.html?nn=2304392 - Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [6] Arnold, L.: Für beste Futterqualität. Trendbericht Grünlandtechnik. Agrartechnik, (2015), H. 3, S. 10–19.
- [7] AGCO Feucht GmbH: Geschichte der FELLA-Werke GmbH. URL <http://www.fella-werke.de/643.htm> - Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [8] Bieg, F.: Maschinen aus Feucht mit MF-Logo - Massey-Ferguson-Futtererntetechnik. dlz Messe Special - Futterernte. Agrartechnik im Umbruch - Agritechnica. dlz - agrar-magazin, (2015), H. 11, S. 96.
- [9] NN: Futterernte in Grün. Fendt Fella - Landtechnik Neue Maschinen. top agrar, (2015), H. 10, S. 86.
- [10] Mumme, M.: Mähkombination aus Irland. MCHale Pro Glide. Traction, (2015), H. 6, S. 129.
- [11] Gerighausen, H.-G.; Höner, G.: Exakter mähen - schneller ernten. Futterernte. top agrar, (2015), H. 11, S. 112–16.
- [12] NN: Dreifache Rettung. top agrar, (2015), H. 7, S. 79.
- [13] AGCO Fendt: Fendt News und Pressemitteilungen. Der Fendt Former 12555 X. Die Zukunft bleibt spannend. URL http://www.fendt.com/de/aktuelles_fendtnews_15003.asp - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [14] Bieg, F.: Per Isobus automatisch einstellen. Fella Juras 14055. Für Sie entdeckt - Agritechnica. dlz - agrarmagazin, (2015), H. 12, S. 86–87.
- [15] NN: Vernetzung jetzt auch bei der Futterbergung. Fella: SalesApp als Unterstützung bei der Verkaufsberatung. Eilbote 63, (2015), H. 44, S. 53.
- [16] Arnold, L.: Im Grünland zuhause. Fella: Innovative Landtechnik aus Franken. Agrartechnik, (2015), H. 11, S. 60–62.
- [17] Schwaden mit Kunststoffingern. profi, (2016), H. 01, S. 117.
- [18] Hanke, S.; Kemper, S.; Sümening, F.; Thielke, L.; Frerichs, L.: Strohmanagement. Flexibel mit dem Kombi-Mulcher. Eilbote, (2015), H. 42, S. 8–10.

- [19] Neumann, H.: Interessante Alternative für Biogasanlagen. Stroh statt Körner. Eilbote 63, (2015), H. 12, S. 15–17.
- [20] Thielke, L.; Kemper, S.; Sümening, F.; Frerichs, L. 2015: Simulation of stalks in agricultural processes – using the Discrete Element Method. In: Innovations in agricultural engineering for efficient farming. Land.Technik AgEng 2015 : 73rd international conference on agricultural engineering : 06.-07. November 2015 Hannover, Düsseldorf, VDI Verlag GmbH, S. 365–70.
- [21] Oksanen, T.; Green, O. 2015: Automatic control of driving speed in autonomous tractor mower using drive train power measurement. In: Innovations in agricultural engineering for efficient farming. Land.Technik AgEng 2015 : 73rd international conference on agricultural engineering : 06.-07. November 2015 Hannover. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hanke, Steffen; Bürke, Johannes: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-7

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055120>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/247.html>

Halmgutbergung

Sebastian Kemper, Frederick Sümening

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

Kurzfassung

In der Saison 2014/2015 zeigen sich trotz der schwierigen konjunkturellen Situation und niedrigen Erzeugerpreisen für Milch stabile Absatzzahlen für Halmgutbergetechnik. Das liegt unter anderem an einer kontinuierlich hohen Nachfrage an organischem Material durch Biogasanlagen, deren Kapazitäten in den vergangenen Jahren stetig ausgebaut wurden.

Die Feldhäckslerhersteller stellen sich auf den Trend hin zu langen Häcksellängen ein. Durch verschiedene Crackervarianten präsentierten sie Systeme, die eine sichere Gutaufbereitung auch bei hohen Durchsätzen gewährleistet. Durch neue Assistenzsysteme werden die Bediener weiter unterstützt, die Maschinen in optimalen Betriebszuständen zu betreiben. Bei Ladewagen und Ballenpressen gibt es weiterhin eine Tendenz zu schlagkräftigeren Maschinen.

Schlüsselwörter

Ballenpressen, Ladewagen, Häckseltransportwagen, Feldhäcksler

Crop Harvesting

Sebastian Kemper, Frederick Sümening

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

Abstract

In the season 2014/2015 the sales figures for crop harvesting machines are stable despite the ongoing difficult economic situation and low producer prices for milk. This is partly due to a high demand for organic material by biogas plants, whose capacities have been expanded constantly in recent years.

The forage harvester producers responded to the tendency towards longer chopping lengths. They presented various cracker variants to ensure reliable crop processing even at high throughputs. New assistance systems help the operators to run the machines in optimal operating points. For loading wagons and balers there is further on a tendency towards more powerful machines.

Keywords

Balers, loader-wagons, harvest transport wagons, forage harvesters

Marktentwicklung

Die Absatzzahlen für Feldhäcksler in Deutschland sind im letzten Jahr um 5 % auf 560 Stück gestiegen, trotz der Folgen der schwachen Konjunktur für Futterbau- und Veredelungsbetriebe. Dieses gute Ergebnis kann auf die bundesweit mehr als 8000 Biogasanlagen zurückgeführt werden, die eine kontinuierliche Nachfrage an organischem Material gewährleisten. Aufgrund des momentan sehr jungen Maschinenbestandes ist jedoch für das laufende Geschäftsjahr mit leichten Rückgängen der Absatzzahlen zu rechnen [1].

Im Bereich der Rundballenpressen setzte nach dem Schrumpfen des Marktvolumens um rund 15 % von 2011 bis 2014 ebenfalls eine Erholung ein. Die Absatzzahlen stiegen hier um 2,5 % auf 1741 Einheiten. Im Gegensatz dazu verringerte sich das Marktsegment der Quaderballenpressen um 13,5 %, das mit 385 Maschinen im Verhältnis zu den Rundballenpressen jedoch deutlich kleiner ausfällt. Größere Wachstumsimpulse sind durch niedrige Erzeugerpreise, insbesondere für Milch und Getreide, verhindert worden [2].

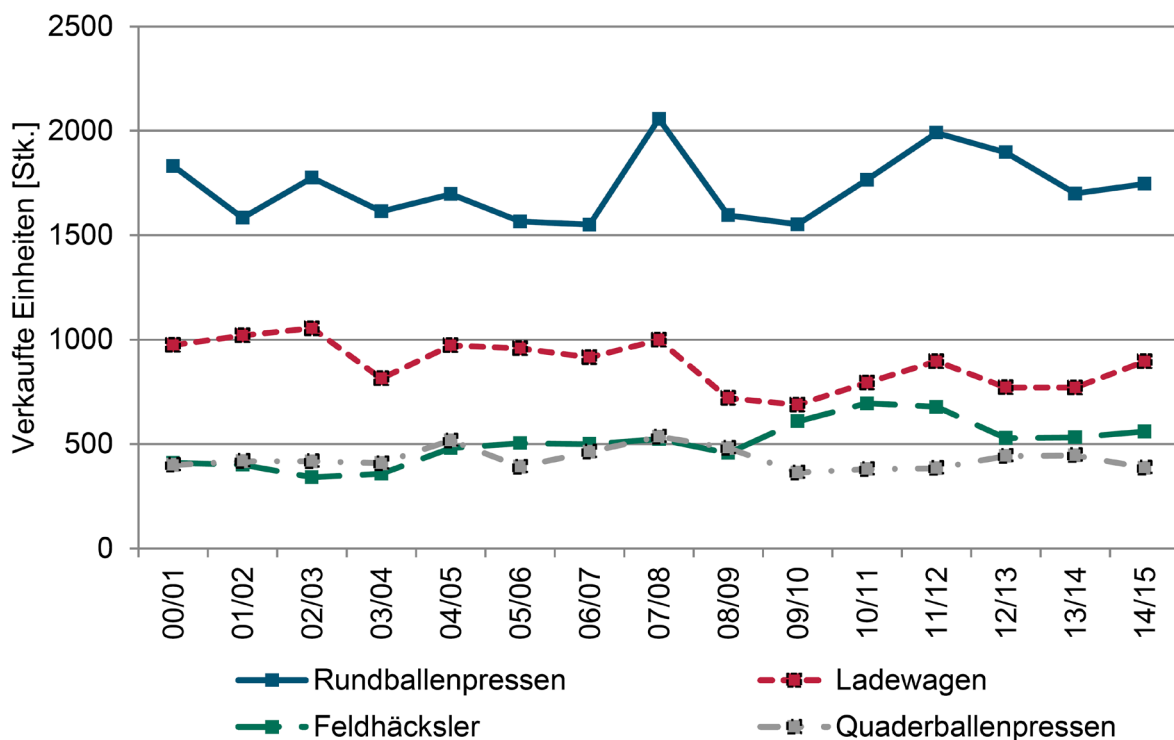


Bild 1: Verkaufszahlen für Halmgutbergetechnik in Deutschland [1 bis 3]

Figure 1: Sales figures for crop harvesting machines in Germany [1 bis 3]

Die Absatzzahlen für Ladewagen sind um ca. 16 % gestiegen. Hier wuchs insbesondere die Nachfrage an Doppelnutzungswagen, die sowohl als Ladewagen für die Grünfütterbergrung als auch als Häckseltransportwagen eingesetzt werden können [3].

Feldhäcksler

Im Bereich der Feldhäcksler hat Krone seine „kleinere“ Big X Baureihe um zwei Modelle erweitert, den Big X 530 und Big X 630 mit 390 kW bzw. 460 kW. Beide Modelle sind mit MTU Motoren ausgerüstet, für die ebenfalls die lastabhängige Geschwindigkeitsregelung ConstantPower erhältlich ist. Die Häckseltrommel ist 630 mm breit und wahlweise mit 20, 28, 36 oder 40 Messern bestückt. Der Durchmesser beträgt 660 mm [4; 5]. Auch die „größere“ Feldhäckslerbaureihe wird mit dem Big X 770 erweitert. Der mit einem V8 MAN Motor ausgerüstete Feldhäcksler leistet 570 kW. Die Häckseltrommelbremse ermöglicht einen Stopp der Häckseltrommel in weniger als 10 Sekunden aus voller Drehzahl. Für diese Baureihe ist auch die Messertrommel MaxFlow mit 20, 28 oder 36 Messern verfügbar, die mit einer Anschraubleiste an den Messern versehen ist, welche als Verschleißschutz fungiert. Für Biogas kommen Spezialtrommeln mit 40 bzw. 48 Messern zum Einsatz. Für die Wurfweitenverstellung wurde das System StreamControl entwickelt, mit dem der Gufluss vor dem Wurfbeschleuniger durch eine Klappenverstellung beeinflusst werden kann. Wird die Klappe in den Gutfluss geschwenkt, wird den Schaufeln des Wurfbeschleunigers mehr Häckselgut zugeführt, sodass sich die Wurfweite erhöht. Bei einer kurzen Wurfweite wird die Klappe aus dem Gutfluss geschwenkt und der Wurfbeschleuniger somit entlastet, was eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs mit sich bringt [4 bis 8].

Claas hat die Jaguar-Baureihen 800 und 900 überarbeitet. Die Modelle 970 und 980 werden von MAN Motoren angetrieben, die aufgrund der hohen Motorleistung von mehr als 560 kW (570 kW bzw. 650 kW) außerhalb der Abgasregulierung liegen. Die anderen Feldhäckslermodelle der 900er und 800er Serie werden von Mercedes-Benz sechs Reihen Motoren mit SCR Technologie angetrieben. Mit dem Dynamic Power System kann der Fahrer die Motorleistung jetzt in drei Kategorien, maximale, hohe und normale Leistung, sowie in zehn Stufen vorgeben, wobei beim Einfahren in den Bestand immer mit maximaler Leistung begonnen wird. Eine Reifendruckregelanlage ist für alle Modelle an der Antriebs- und Lenkachse verfügbar. Für die Maschinenbedienung ist nun auch der aus anderen Claas- Maschinen bekannte CMOTION Multifunktionsgriff verfügbar [9].

Mit den beiden Direct Disc Modellen 500 und 600 hat Claas die Ganzpflanzenvorsätze erweitert, die auch unter anspruchsvollen Bedingungen wie hohen Sorghum-Pflanzen oder Wickroggen zuverlässig arbeiten sollen. Für ein sauberes Schnittbild soll der weit nach vorn gelegene Mähbalken sorgen. Das Erntegut wird von einer großdimensionierten Einzugsschnecke im Vorsatz dem Einzugsgehäuse des Feldhäckslers zugeführt. Mit Hilfe von Seitenmessern können die ineinander verwachsenen Pflanzen getrennt werden. Für die 800er Jaguar Baureihe ist das Direct Disc 500 freigegeben, für die 900er Baureihe auch das Direct Disc 600 [9; 10].

Nachdem John Deere 2014 die neue Feldhäckslergeneration 8000 mit fünf Modellen im Bereich von 297 kW bis 460 kW präsentiert hat, wurden 2015 drei weitere Modelle vorgestellt. Den unteren Leistungsbereich komplettiert das Modell 8300 mit 360 kW und Abgasstufe IV bzw. Tier 4 Final. Der obere Leistungsbereich wurde mit den Modellen 8700 (Abgasstufe II, Tier 2) und 8800 (Abgasstufe II, Tier 2) mit 563 kW bzw. 620 kW erweitert. Die Breite der Häckseltrommel beträgt 680 mm bzw. bei den Modellen 8600, 8700 und 8800 850 mm. Die

Luftführung durch die Maschine und zu dem längs eingebauten Motor wurde optimiert, um den Leistungsbedarf für die Kühlung zu reduzieren. Die tiefe Einbauposition des Motors bringt eine verbesserte Fahrstabilität und Übersichtlichkeit mit sich. Mit dem Assistenzsystem Active Fill Control (AFC) greift John Deere aktiv in den Überladevorgang ein, um die Verluste beim Überladen zu reduzieren und den Fahrer zu entlasten. Dabei nutzt das System die Positionsdaten von Traktor und Feldhäcksler und erfasst über Kamerasysteme die Füllhöhe im Anhänger sowie die meist rechteckige Kontur der Anhängeröffnung. Aus diesen Daten wird eine Befüllstrategie berechnet. Dabei kann der Fahrer vorgeben, wie der Anhänger beladen werden soll, beispielsweise von hinten nach vorne oder umgekehrt. Während des Befüllvorgangs steuert das System neben dem Auswurfkrümmer auch den Traktor, sodass eine Formationsfahrt von Feldhäcksler und Traktor möglich wird. Die Krümmerbewegungen werden reduziert, wodurch die Bewegungen an der Maschine reduziert werden [11 bis 15].

John Deere hat mit dem „ProCut“ (**Bild 2**) ein System vorgestellt, mit dem die Messerschärfe und der Abstand der Gegenschneide ermittelt werden. Messerschärfe und Abstand haben großen Einfluss auf die Schnittqualität und auf den Energieeinsatz. Das System liefert dem Fahrer über ein Ampelsystem Hinweise, wann die Messer geschliffen und die Gegenschneide eingestellt werden sollte. Möglich wird dieses durch zwei induktive Sensoren in der Gegenschneide, mit denen der Abstand zwischen Gegenschneide und Messer sowie die Form der Messerspitze ermittelt werden kann [16].



Bild 2: John Deere ProCut System zur Erfassung der Messerschärfe im Feldhäcksler [17]

Figure 2: John Deere ProCut System to measure the sharpness of the knives in a forage harvester [17]

Crackerentwicklungen

Mit der Shredlage-Silage erhält die lang- und grobfaserige Silageaufbereitung mit Häcksel-längen über 30 mm Einzug im Bereich der Milchviehfütterung. Shredlage Silage zeichnet sich durch längeres Häckselgut aus, das intensiver aufbereitet bzw. aufgefasert wird. Diese Art der Silage ist in den USA weit verbreitet und soll aufgrund der erhaltenen Struktur des Futters zu einer höheren Milchleistung führen. Um den Spagat zwischen kurzen (z.B. Bio-gasanlagen) und langen Häcksellängen (z.B. Shredlage) zu schaffen, bietet Krone ein „VariLoC“ Planetengetriebe in der Antriebsriemenscheibe der Häckseltrommel an. Die Trom-meldrehzahl wird mittels zwei Übersetzungsstufen verringert. Der dadurch mögliche Häcksel-längenbereich erstreckt sich von 2,5 mm bis 30 mm. Für Häcksellängen oberhalb von 20 mm bietet Krone nun einen mit 105 Zähnen bestückten Cracker an [18].

Tabelle 1: Corncracker Übersicht [19]

Tabel 1: Corncracker Overview [19]

Herstel- ler	Modell	Bauform	Zähne	Durchmes- ser	Länge der Aufberei- tungsfläche	Drehzahldiffe- renz
Claas	MCC Classic	Walze	125/125	250 mm	660 mm	30/40 %
Claas	MCC Max	Ringseg- mente	120/130	265/245 mm	660 mm	30/40 %
Claas	Shredlage	Walze	110/145	250 mm	660 mm	50 %
Fendt	V-Cracker	Scheibe	-	240 mm	1350 mm	Nicht notwendig
John Deere	Dreieckszahn	Walze	118, 178, 238	240 mm	718/636 mm	24/32 %
John Deere	Sägezahn	Walze	118	240 mm	718/636 mm	24/32 %
John Deere	KernelStar2	Scheibe	-	240 mm	2414/2146 mm	Nicht notwendig
Krone	Walzen-CC	Walze	105, 132, 144, 166	250 mm	650/455 mm	20/30/40 %
Krone	Scheiben-CC	Scheibe	-	265 mm	2100 mm	Nicht notwendig
Lacotec	SharkCut	Scheibe	-	220 mm	2180 mm	Nicht notwendig
New Holland	Hard Chrom Crop	Walze	99, 126	200 mm	750 mm	10/22 %
New Holland	Hard Chrom Crop	Walze	99, 126, 166	250 mm	750 mm	22/30/50 %

Zwei neue Aufbereitungssysteme stellt Claas mit den Crackern Multi-Crop-Cracker (MCC) MAX und SHREDLAGE für Langschnittsilage vor. Der MAX besteht aus 30 drehfest auf einer Welle gespannten konischen Ringsegmenten. Die jeweils gegenüberliegenden Ring-

segmente weisen eine Drehzahldifferenz von 30 % sowie unterschiedliche Durchmesser auf. Die Körner und Stängel werden nicht nur durch Reibung aufbereitet, sondern in Kombination mit dem Sägezahnprofil der Ringsegmente auch durch zusätzliches Schneiden und Scheren. Für diesen Cracker liegt die empfohlene Häcksellänge zwischen 7 mm und 22 mm. Der SHREDLAGE Corncracker wird für eine Häcksellänge zwischen 26 mm und 30 mm empfohlen. In die beiden Walzen mit Sägezahnprofil ist jeweils eine gegenläufige schraubenförmige Nut eingebracht. Durch die Drehzahldifferenz der Walzen von 50 % und die umlaufende Nut wird das Häckselgut auch in Querrichtung aufgespleißt und nicht nur in Durchflussrichtung [20].

Auch andere Hersteller haben ihre Corncracker in den letzten Jahren umfangreich überarbeitet. Neben Walzen- und Ringsegmentcrackern haben sich auch Scheibencracker etabliert, die eine große Oberfläche für die Aufbereitung aufweisen. In der **Tabelle 1** ist die von der Zeitschrift „traction“ (Nov./Dez. 2015, [19]) erstellte Cracker Übersicht gezeigt.

Pressen

Krone ist mit dem Premos 5000 (**Bild 3**) in den Bereich der mobilen Pellet-Vollernter eingestiegen, mit dem auf dem Feld endkundenfertige Halmgutpellets produziert werden können. Für eine stationär Anwendung kann die Maschine mit einem Ballenauflöser ausgerüstet, um so die Auslastung der Maschine zu erhöhen. Auf dem Feld nimmt eine 2,35 m breite Pickup den Strohschwad auf. Über ein Förderband wird das Stroh zwei Matritzenwalzen mit einem Durchmesser und einer Breite von 800 mm zugeführt. Die abwechselnd mit Zahn- und Lochreihen ausgeführten Walzen drücken das Erntegut in das Walzeninnere. Über Förderschnecken und ein Förderband gelangen die Pellets mit 16 mm Durchmesser in den 5000 kg fassenden Vorratsbunker. Durch die speziell gestalteten Matritzenwalzen kann auf ein Häckseln oder Mahlen des Erntegutes verzichtet werden. Gegenüber stationären Systemen reduziert sich der Energieaufwand um ca. 50 %. Für einen Durchsatz von bis zu 5 t/h sind ca. 300 kW Antriebsleistung. Die Schüttdichte liegt laut Hersteller im Bereich von 600 bis 700 kg/m³ [21].

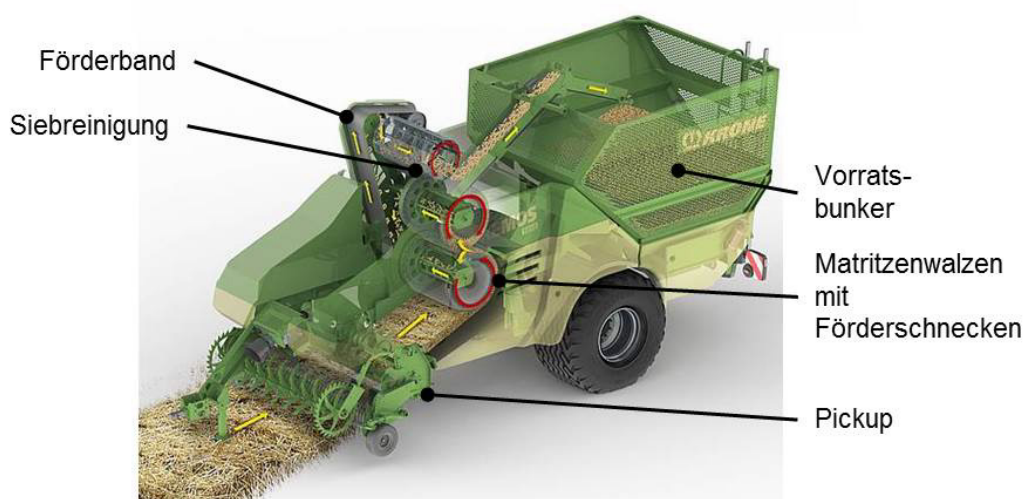


Bild 3: Krone Premos 5000 Pellet Vollernter [22]

Figure 3: Krone Premos 5000 Pellet Harvester [22]

Rundballenpressen

Im Rundballenmarkt bleibt der Trend zu Nonstop-Presswickel-Kombinationen bestehen, für den Krone mit der Ultima vor vier Jahren die erste Maschine auf den Markt gebracht hat. Hier bieten nun auch Vicon und Lely Nonstop-Pressen an, die als Festkammerpresse, bzw. Presse mit variabler Kammer ausgeführt sind. Als neue Hersteller in den Rundballenmarkt eingetreten sind Pöttinger und Göweil, die bisher hauptsächlich Wickelmaschinen angeboten haben. Pöttinger bietet nun erstmals eine eigene Presse an, während sie in der Vergangenheit die Pressen des italienischen Herstellers Galignani zugekauft haben. Beide Hersteller stellten ihre Maschinen bereits im letzten Jahr vor.

Kuhn stellt mit der Serie VB 2200 ein neues Pressen-Programm mit variablen Kammern vor. Die Pressen werden für die Ballengrößen 80 bis 160 cm sowie 80 bis 185 cm angeboten sowie ebenfalls in Kombination mit dem 3-D-Wickler als Presswickelkombination. Die Pressen besitzen weiterhin fünf Riemen. Für den Ballenstart wurde die obere der Presswalzen verstärkt. Für den Stroheinsatz stellt Kuhn den neuen Einzug OptiFlow vor, bei dem das Erntegut der Presskammer ohne Schneidwerk durch zwei angetriebene Einzugswalzen zugeführt wird [23].

Die Festkammerpressen wurden von Kuhn ebenfalls überarbeitet. Die Netztorsion erfolgt nun über eine Gummi- und eine Stahlrolle, die direkt vor der Kammer aneinander laufen. Die Steuerung der Pressen kann wahlweise über die AT 10-Standardbedienung oder über Isobus erfolgen [24].

Für seine Rundballenpressen mit variabler Kammer stellte John Deere auf der Agritechnica das Netz „B-Wrap“ vor. Das von der israelischen Firma Tama hergestellte Bindernetz besteht aus einer atmungsaktiven Membran, die das Eindringen von Feuchtigkeit durch Regen, Schnee oder Bodenfeuchtigkeit verhindert, gleichzeitig aber Feuchtigkeit aus dem Balleninneren entweichen lässt. Das Netz ermöglicht es somit, Lagerverluste bei Ballen, die nicht unter Dach gelagert werden können, zu vermeiden [25; 26].

Quaderballenpressen

Claas präsentierte 2015 die neuen Quaderballenpressen QUADRANT 4200 und 5200, die mit einem neugestalteten Knoter (**Bild 4**) ausgerüstet sind. Auch ein System zur Knoterüberwachung und automatischen Pressdruckregelung wurde entwickelt. Neu ist, dass die Garnbelastung zusätzlich zu der bekannten Pressdruck- bzw. Kraftmessung am Rahmen gemessen wird. Mit Kraftmessbolzen an den Knotern 1, 3 und 6 wird die Garnbelastung überwacht. Die zulässige Garnbelastung bzw. der zulässige Pressdruck werden im System über das Maschinenterminal vom Fahrer hinterlegt, indem er die Garnklasse bzw. die Garnqualität vorgibt. Das System regelt den Pressdruck in Stufen zurück, wenn das Garn aus dem Knoter rutscht oder wenn die maximale Garnbelastung bzw. der maximale Pressdruck erreicht sind. Sobald die Belastungen reduziert sind, wird der Pressdruck wieder bis auf den voreingestellten Wert gesteigert. Für einen sichereren Knoten sorgt der vergrößerte Abstand zwischen Garnklemmplatten und Knoterschnabel, wodurch längere Garnenden entstehen. Ein Gebläse mit aktiver Luftführung sorgt für eine zuverlässige Knoterreinigung. Mit diesem System

können auch unerfahrene Fahrer Ballen mit gleichmäßiger Dichte pressen ohne ein Garnreißen zu riskieren [27; 28].

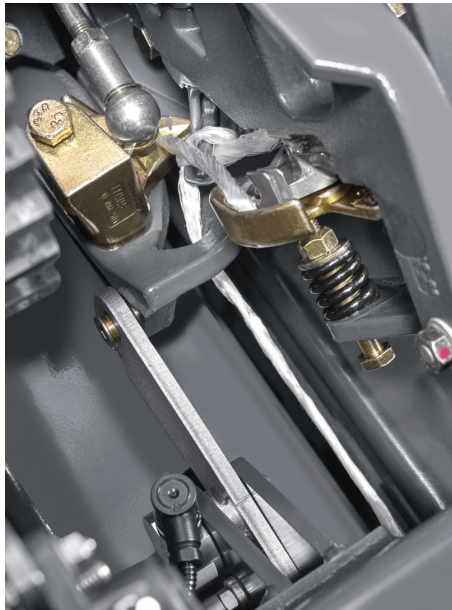


Bild 4: Weiterentwickelter CLAAS Knoter [29]

Figure 4: Improved CLAAS Knotter [29]

Die Firma Raaspe hat nach eigenen Angaben erstmals das Schlaufenknoterprinzip in einem Doppelknotersystem für Quaderballen umgesetzt. An Stelle von Knüpferscheiben besitzt der Knoter zwei Knoterhaken. Durch das Prinzip der zweifachen Knotung ist keine Klemmung des Garns notwendig, wodurch die Knoternadel entlastet wird. Die Dadurch erzeugten Schlaufenknoten lassen eine höhere Ausnutzung der maximalen Reißkraft des Pressgarns zu. Somit werden etwa 20 % höhere Pressdichten ermöglicht, bzw. bei gleicher Pressdichte kann die Anzahl der Knotereinheiten und der Garnbedarf reduziert werden [30; 31].

Durch die zukünftig zu erwartende steigende Nachfrage an biogenen Rohstoffen steht auch die Forschung im Bereich der Energieeffizienz der Halmgutverdichtung weiter im Focus. Gemeinsam mit verschiedenen Industriepartnern wurde an der TU Dresden ein alternatives, kontinuierliches Pressverfahren für Quaderballen entwickelt. Das Funktionsprinzip basiert auf einem Presskanal, dessen Boden und Decke aus ineinandergreifenden Presswalzen besteht. Die Presswalzen werden elektrisch angetrieben. Die Höhe des Presskanals verringert sich nach hinten auf die Hälfte der Ausgangshöhe, wo der verdichtete Halmgutstrang an eine Wickel- und Schneideinheit übergeben wird. Der kontinuierliche Pressstrang wird mit einem Netz umwickelt und dann geschnitten. Die Funktion des Verdichtungsprinzips wurde mit einem Funktionsmuster in Labor- und Feldversuchen nachgewiesen. Dabei wurden als weitere Verbesserungspotentiale eine gleichmäßigere Ballendichte, die Ballenform, der Materialfluss und die Zuverlässigkeit und das Antriebskonzept identifiziert [32].

Ballenwickler und –sammler

Durch das Umwickeln mit Folien wird das zu Rund- oder Quaderballen gepresste Grünfutter geschützt und eine hohe Futterqualität gewährleistet. Bei den hierfür erforderlichen Ballenwicklern sind zwei Trends erkennbar. Kleinere Betriebe fragen zunehmend einfache, robuste Geräte nach, mit der losgelöst von der Presstechnik das Futter konserviert werden kann. Auf der anderen Seite kommen in Lohnbetrieben zunehmend Press-/Wickelkombinationen zum Einsatz, die für eine hohe Schlagkraft professionell ausgerüstet werden. Diese sind gegenüber dem aufgelösten Verfahren arbeits- und kostengünstiger. Es ist jedoch abzusehen, dass bei der aktuell schnell wachsenden Leistungsfähigkeit der Pressentechnik, die Wickelheit die Schlagkraft begrenzt. So arbeiten Ballenwickler heute schon mit einer Geschwindigkeit von 36 Umdrehungen pro Minute und können beispielsweise vier Lagen Folien in 17 Sekunden wickeln. Daher könnten auch in diesem Marktsegment wieder vermehrt technisch hochentwickelte Solo-Wickelgeräte zum Einsatz kommen [33].

Kuhn stellte 2015 ein Wickelgerät für Rund- und Quaderballen vor. Wahlweise kann das System Autoload Rund- oder Quaderballen aufnehmen, diese mit Folie umwickeln und ablegen. Über das Terminal wird die Art und die Dimensionierung der Ballen vorgegeben, sodass Ladearme der Maschine automatisch auf die Ballenmaße eingestellt werden. Ein eindimensionaler Laserscanner misst die Länge der Quaderballen. Entsprechend der ausgewählten Wickelstrategien werden die Drehzahlen an den Walzen der Ladearmen eingestellt. Die empfohlene Arbeitsgeschwindigkeit liegt im Bereich von 4 bis 5 km/h. Nach Herstellerangaben können pro Minute ca. sechs Ballen gewickelt werden. Mit dieser Maschine können Rundballen mit einem max. Durchmesser von 1,4 m und Quaderballen mit einer max. Länge von 2,0 m und 1500 kg umwickelt werden [34].

Speziell für die Bergung von Rundballen am Hang stellte Lindner mit dem Ballenpicker einen Wechselaufbau für den Unitrac vor. Das System ist in der Lage, sechs Rundballen zu transportieren. Hierzu können zwei hydraulisch aufklappbare Zylinder seitlich abgesenkt werden und je drei Ballen aufnehmen.

Lade- und Häckseltransportwagen

Die Hersteller von Lade- und Häckseltransportwagen optimierten ihre bestehenden Modelle in zahlreichen Details, die unter den Oberbegriffen Effizienz- und Leistungssteigerung einzuordnen sind. Krone entwickelte ein neues Antriebskonzept für seine Ladewagenbaureihe ZX, um der Leistungssteigerung im Bereich der Traktoren mit Zapfwellenleistung über 300 kW nachzukommen. Ein seitlicher Verbundriemen treibt den Förderrotor an. Der Rotor konnte breiter ausgeführt werden, da in den Rotor ein Planetensatz integriert wurde, sodass der erforderliche Bauraum neben dem Rotor reduziert wird. Der Durchmesser des Rotors beträgt 880 mm. Die Durchsatzleistung kann durch die auf 2125 mm verbreiterte und hydraulisch angetriebene Pickup gesteigert werden. Eine schwenkbare Vorderwand unterstützt den Be- und Entladevorgang [35].

Fendt stellt sich in der Futterernte als Full-Liner auf und präsentiert erstmals seit dem Agrobil (Selbstfahrender Ladewagen in den siebziger Jahren) wieder einen Ladewagen. Der Vario-

Liner wurde in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und der Maschinenfabrik Stolpen GmbH entwickelt. Die Maschinenfabrik Stolpen produziert bereits Ladewagen für die Marken Deutz-Fahr, VICON und Kverneland. Die hydraulische ungesteuerte Pickup weist einen Durchmesser von 560 mm auf und ist 2000 mm breit. Zwei Zuführschnecken an beiden Seiten reduzieren den Gutfluss auf Rotorbreite um eine gleichmäßigere Auslastung des Rotors und Beanspruchung aller Messer zu erreichen. Der mit 1200 mm schmalste Rotor auf dem Markt misst im Durchmesser 900 mm und ist mit neun Zinkenreihen ausgestattet. Durch einen höheren und schmaleren Gutstrang sollen zwischen Rotorzinken und Schneidboden Energieverluste verringert werden. Als weitere innovative Neuerung stellte Fendt eine verschiebbare Stauwand vor. Diese wird während des Ladevorgangs mit dem Kratzboden nach hinten bewegt und bewirkt eine sehr gleichmäßige Ausladung und höhere Ladedichte. Zusammen mit der Rückwand wird die Stauwand beim Entladen aufgeschwenkt. Die Bezeichnung VarioLiner 2440 weist auf eine Gesamtmasse von 24 t und ein Ladevolumen von 40 m³ hin. Neben dem VarioLiner 2440 soll auch ein VarioLiner 2035 angeboten werden [36 bis 38].



Bild 5: Fendt VarioLiner Ladewagen [39]

Figure 5: Fendt VarioLiner loader-wagon [39]

Für die Ladewagenmodelle PR und XR hat Lely ein mobiles Messerschleifsystem vorgestellt. Dieses System schleift zehn Messer zeitgleich und wird manuell auf den seitlich aufgeschwenkten Messerbalken aufsetzt. Nach einer Schleifzeit von wenigen Minuten muss das System auf dem Messerbalken versetzt werden, sodass jeweils zehn Messer nach und nach geschliffen werden [40].

Mit dem Torro Combiline Ladewagen 6010 L/D und 6510 L/D stellt Pöttinger zwei neue Ladewagenmodelle für den Leistungsbereich von 115 kW bis 220 kW vor. Das Ladevolumen beträgt 35 m³. Neu ist die pendelnd aufgehängte Pickup. Diese ist mit einem mittig angeordneten Tastrad versehen. Durch diese Bauart soll eine bessere Bodenführung gewährleistet werden [41 bis 43].

Schuitemaker hat für den Rapide 6600-30,5 Ladewagen ein System zur Trockenmassebestimmung entwickelt. Ein Nahinfrarotspektroskopie Sensor (NIR) erfasst den Trockenmasse-

gehalt des Erntegutes. Über Wiegestäbe zwischen Aufbau und Fahrzeug sowie an der Deichsel wird die Feuchtmasse des Ladegutes ermittelt. Aus der Feuchtmasse und dem Trockenmassegehalt wird schließlich die Trockenmasse berechnet. Diese Daten können drahtlos an eine Cloud gesendet und dort gespeichert werden. Die Trockenmasse kann sowohl für die ganze Ladung als auch für eine Teilladung ermittelt werden [44; 45].

Für den Transport von Häcksel- und Schüttgütern hat Strautmann die Rollbandwagen Aperi-on 2401 und 3401 vorgestellt. Die zulässige Gesamtmasse liegt bei 24 t bzw. 34 t, das Ladevolumen bei 28 m³ bzw. 35 m³. Ein 2100 mm breites und 10 mm dickes Endlosband transportiert das Ladegut beim Abladen aus dem Wagen. Ein hydraulischer Motor am Heck des Fahrzeugs treibt das Transportband an. Glasfaserverstärkte Kunststoffplatten im Inneren des Laderaumes sorgen für eine glatte Oberfläche und eine restlose Entleerung. Zusätzlich können zwei mechanisch angetriebene Dosierwalzen verbaut werden [46; 47].

Zusammenfassung

Während der deutliche größere Markt für Rundballenpressen um 2,5 % anwuchs, sanken die Verkaufszahlen für Quaderballenpressen. Der Absatz für Feldhäcksler und Ladewagen stieg trotz des schwierigen konjunkturellen Umfeldes an.

Im Bereich der Feldhäcksler komplettierten die Hersteller ihr Angebot durch neue Modelle in verschiedenen Leistungsklassen. Hier standen vielfach Effizienzsteigerungen durch neue Motortechnologien und Detailveränderungen am Gutfluss im Vordergrund. Auf den Praxistrend Shredlage reagierten die Hersteller mit verschiedenen Crackervarianten, die auch bei großen Häcksellängen eine gute Futteraufbereitung gewährleisten.

Bei den Rundballenpressen bleibt der Trend zu kontinuierlich arbeitenden Pressen bestehen. Hier haben Vicon und Lely weitere Pressen auf den Markt gebracht. Einen neuen Ansatz zeigte Krone mit der Halmgutpelletierung.

Neben mechanischen Verbesserungen, die Gutaufnahme und die Ausladung optimieren, halten im Bereich der Ladewagen immer mehr elektronische Systeme im Hinblick auf Precision Farming Einzug. So werden über Wiegeeinrichtungen Erträge und Durchsatz erfasst sowie über NIR-Sensoren Trockenmassen bestimmt.

Literatur

- [1] -, -: VDMA Landtechnik: Feldhäckslerabsatz entwickelt sich positiv, eilbote Boomgaarden Verlag GmbH. URL <http://www.eilbote-online.com/magazin/artikel/feldhaeckslerabsatz-entwickelt-sich-positiv/> - Aktualisierungsdatum: 25.01.2016.
- [2] -, -: VDMA Landtechnik: Mähdrescher- und Pressenverkauf leicht gestiegen, eilbote Boomgaarden Verlag GmbH. URL <http://www.eilbote-online.com/magazin/artikel/maehdrescher-und-pressenverkauf-leicht-gestiegen/> - Aktualisierungsdatum: 07.12.2015.
- [3] -, -: Saisongeschäft mit Futtertechnik rückläufig, VDMA Landtechnik: URL Aktualisierungsdatum: 27.01.2016
- [4] -, -: BiG X 480 | 530 | 580 | 630. Der Motor, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH. URL <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/produkte/feldhaecksler/big-x-480-530-580-630/der-motor/?size=280> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [5] -, -: Zuwachs bei den Häckslern, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Maehdrescher-Haecksler-Roder-Zuwachs-bei-den-Haeckslern-2496310.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [6] -, -: Ausgereifte Technik mit neuem Design und neuem Big X 770, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH. URL <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/news/agritechnica-news-2015/ausgereifte-technik-mit-neuem-design-und-neuem-big-x-770/> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [7] -, -: BiG X 480 | 530 | 580 | 630. Stream Control, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH. <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/produkte/feldhaecksler/big-x-480-530-580-630/streamcontrol/?size=280> – Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [8] Schranz, K.: Alle Neune. Test: Arbeitsprobe Krone BiG X 770 & 630. Traction, (2015), H. 6, S. 68–74
- [9] Scherr, M.: Claas Jaguar 800 und 900 Feldhäcksler Update, Landwirt Agrarmedien GmbH. URL <http://www.landwirt.com/Claas-Jaguar-800-und-900-Feldhaecksler-Update,,16623,,Bericht.html> – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [10] -, -: Mähen und häckseln. Direkt ernten. Das DIRECT DISC., CLAAS KGaA mbH. URL <http://www.claas.de/produkte/feldhaecksler/jaguar980-930-hrc/vorsatzgeraete/direct-disc> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [11] -, -: Agritechnica 2015: Fünf Goldmedaillen und 44 Silbermedaillen für Neuheiten (Teil 3), Esterer-Media. URL <http://www.landtechnikmagazin.de/Messen-und-Veranstaltungen-Bild-Agritechnica-Neuheiten-Silbermedaille-2015-fuer-John-Deere-Active-Fill-Control-Sync-John-Deere-Halle-27728-5771.php> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [12] -, -: John Deere Adds New Models to Self-Propelled Forage Harvester Range, Agri Machinery News. URL <http://www.agrimachinerynews.com/john-deere-adds-new-models-to-self-propelled-forage-harvester-range/#more-8130> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.

- [13] -, -: John Deere stellt drei neue Feldhäcksler vor, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Maehdrescher-Haecksler-Roder-John-Deere-stellt-drei-neue-Feldhaecksler-vor-2474587.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [14] Kemper, S.: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: , 2015. - , S. 1–15
- [15] Schranz, K.: Starkes Spenderherz. Test: Arbeitsprobe John Deere 8700i & 8800i. Traction, (2015), H. 6, S. 58–67
- [16] -, -: John Deere ProCut Fahrerassistenzsystem, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH - agrarheute.com. URL <http://www.agrarheute.com/news/john-deere-procut-fahrerassistenzsystem> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [17] -, -: Medaillenregen für John Deere, Redaktion «Schweizer Bauer». URL <https://www.schweizerbauer.ch/landtechnik/firmen--personen/medaillenregen-fuer-john-deere-25535.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [18] Krone T-Vision: Agrartechnika 2015 - Thema Häcksellänge.
- [19] Schranz, K.: Richtig zubeißen! Körnerprozessoren. Traction, (2015), H. 6, S. 104–08
- [20] Scherr, M.: Claas Cracker MCC Max und MCC Shredlage, Landwirt Agrarmedien GmbH. URL <http://www.landwirt.com/Claas-Cracker-MCC-Max-und-MCC-Shredlage,,16621,,Bericht.html> – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [21] -, -: DLG Gold für Krone Premos 5000, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH. URL <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/news/gold-fuer-premos/> - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [22] -, -: Der Premos von Krone erzeugt Pellets mit 16 mm Durchmesser mit zwei ineinandergreifenden Matrizenwalzen, eilbote Boomgaarden Verlag GmbH. URL http://www.eilbote-online.com/fileadmin/_processed_/csm_Schichtbild_Gutfluss_Premos_6e6e9b4eb6.jpg – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [23] -, -: Die Variablen bekommen Zuwachs, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Die-Variablen-bekommen-Zuwachs-2466908.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [24] -, -: Mehr feste Kammern, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Mehr-feste-Kammern-2466872.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [25] traction-magazin: Gore-Tex für Rundballen, traction-magazin. URL <http://www.traction-magazin.de/tama-b-wrap> - Aktualisierungsdatum: 02.02.2016.
- [26] John Deere B-Wrap Ballennetz. landwirt.com. URL <http://www.landwirt.com/John-Deere-B-Wrap-Ballennetz,,16122,,Bericht.html> – Aktualisierungsdatum: 02.02.2016.
- [27] Scherr, M.: Claas Quadrant 5200 und 4200 Quaderballenpresse, Landwirt Agrarmedien GmbH. URL <http://www.landwirt.com/Claas-Quadrant-5200-und-4200-Quaderballenpresse,,16320,,Bericht.html> – Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [28] Neumann, H.: Claas präsentiert zwei neue Quaderballenpressen, eilbote Boomgaarden Verlag GmbH. URL <http://www.eilbote-online.com/magazin/artikel/claas-praesentiert-zwei-neue-quaderballenpressen/> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.

- [29] -, -: CLAAS Knoter, Presseinformation Agritechnica 2015, CLAAS
- [30] Innovation Rasspe Doppelschlaufenknoter.
- [31] top agrar online: Rasspe Doppelschlaufenknoter RS 9000, top agrar online. URL <http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Rasspe-Doppelschlaufenknoter-RS-9000-2616188.html> - Aktualisierungsdatum: 02.02.2016.
- [32] Klaus Weidig; Hannes Stefan Hannenheim; Jens Kröhnert; Hans-Robert Lüttich; Thomas Herlitzius; Jens Fehrmann: Research and development of functional solutions for continuous compaction processes in large square balers for pressing biomass. Development of an innovative and energy efficient large square baler concept, S. 419–252015.
- [33] Arnold, L.: Sauber + dicht = haltbar. Trendbericht Ballenwickeltechnik. Agrartechnik, (2015), H. 4, S. 10–17.
- [34] -, -: Wickler mit eigenem Auge, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Wickler-mit-eigenem-Auge-2466924.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [35] -, -: Ladewagen mit schmalem Antrieb, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-Ladewagen-mit-schmalem-Antrieb-2496321.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [36] -, -: Eigener Ladewagen, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Eigener-Ladewagen-2610389.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [37] -, -: VarioLiner: Der erste Ladewagen von Fendt, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH - agrarheute.com. URL <http://www.agrarheute.com/news/varioliner-erste-ladewagen-fendt> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [38] Paar, J.: Fendt Ladewagen VarioLiner, Landwirt Agrarmedien GmbH. URL <http://www.landwirt.com/Fendt-Ladewagen-VarioLiner,,16712,,Bericht.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [39] -, -: Fendt VarioLiner, Presseinformation Agritechnica 2015, Fendt
- [40] -, -: Messer mobil schleifen, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Messer-mobil-schleifen-2537279.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [41] Scherr, M.: Pöttinger Torro Combiline Ladewagen, Landwirt Agrarmedien GmbH. URL <http://www.landwirt.com/Poettinger-Torro-Combiline-Ladewagen,,16574,,Bericht.html> – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015
- [42] -, -: Zwei neu Kombi-Wagen, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-Zwei-neu-Kombi-Wagen-2537249.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [43] -, -: Der neue PRIMO, Alois Pöttinger Maschinenfabrik Ges.m.b.H. URL https://www.poettinger.at/de_in/Newsroom/Artikel/8176 - Aktualisierungsdatum: 04.12.2015.

- [44] -, -: Neu Rapide mit NIR-sensor für die Trockenmassebestimmung, Schuitemaker Machines B.V. URL <https://landbouwmachines.sr-schuitemaker.nl/de/news/newsberichte/nieuw-rapide-met-nir-sensor-voor-drogestofbepaling.html> – Aktualisierungsdatum: 04.12.2015.
- [45] -, -: Trockenmasse bestimmen und wiegen, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Trockenmasse-bestimmen-und-wiegen-2483932.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.
- [46] -, -: Unendliche Vielseitigkeit am laufenden Band Landmaschinen, B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG. URL <http://www.strautmann.de/unternehmen/aktuelles/unendliche-vielseitigkeit-am-laufenden-band.html> – Aktualisierungsdatum: 04.12.2015.
- [47] -, -: Vielseitigkeit am laufenden Band, Landwirtschaftsverlag GmbH - profi. URL <http://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-Vielseitigkeit-am-laufenden-Band-2503960.html> - Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 02.03.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Kemper, Sebastian; Sümening, Frederick: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-15

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055122>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/248.html>

Halmgutkonservierung

Thomas Hoffmann, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim

Kurzfassung

Halmfutter ist wichtig für die wiederkäuergerechte Ernährung von Milchkühen. Anhand von Erfahrungswerten und Praxismessungen ist einzuschätzen, dass mehr als 50 % der Silagen die Qualitätsanforderungen nicht erfüllen.

Zum Verteilen des am Silo angelieferten Siliergutes sind Silogabeln und Siloschiebeschilder weiterentwickelt worden. Zur Erhöhung der Verdichtungsleistung können Zusatzgewichte am Walztraktor angebracht werden. Eine Steigerung der Verdichtungsleistung ist von einer neu entwickelten Anbauwalze mit Vibrationsantrieb zu erwarten. Mit multivarianten Analysemethoden wurde versucht, das Zusammenspiel der vielfältigen Stoff- und Prozessparameter beim Silieren besser erklären zu können.

Schlüsselwörter

Siliergut, Verteilung, Verdichtung, multivariate Analyseverfahren

Crop Preservation

Thomas Hoffmann, Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim

Abstract

Forage is important for the ruminant-based diet of dairy cows. On the basis of experiences and practical measurements must be noted that more than 50 % of the silages do not meet the quality requirements.

To distribute the delivered forage in horizontal silos special green forage forks and maize pushing blades have been further developed. To increase the compaction performance additional weights can be attached to the compacting vehicle. An increase in compression efficiency can be expected from a newly developed compaction roller with vibratory drive. A multivariate analysis was done in order to explain the complex interaction of the different material and process parameters off the ensiling process.

Keywords

Forage, distribution, compaction, multivariate analysis

Allgemeines

Eine wiederkäuergerechte Ernährung ist die Grundvoraussetzung für eine stabile Gesundheit der Tiere, deren Wohlbefinden und letztendlich für eine nachhaltige Milchproduktion im landwirtschaftlichen Betrieb. Für hohe Milchleistungen müssen die Tiere energiereiches Futter aufnehmen. Wird der Energiebedarf über hohe Gaben an Kraftfutter gedeckt, können bei den Milchkühen verstärkt Stoffwechselstörungen auftreten, infolgedessen die Tiere erkranken und weniger Milch geben. Damit es nicht zu diesen Stoffwechselstörungen kommt, müssen Milchkühe mit strukturreichem Grobfutter versorgt werden, wobei das Grobfutter neben der Struktur auch Energie in die Ration bringen soll. Dieses Grobfutter ist frisches, siliertes oder getrocknetes Halmfutter.

Silierung in Horizontalsilos

Halmgüter werden seit mehreren Jahren in Horizontalsilos eingelagert und konserviert. In der Praxis sind jedoch immer wieder Silos mit Fehlgärungen festzustellen. Für Landwirte, die Grassilage erzeugen wollen, hat das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft ein Informationsheft mit Richtwerten, Hinweisen und Anleitungen herausgegeben [1]. Die Autoren gehen davon aus, dass 50 % aller Grassilagen die Qualitätsansprüche an eine hochwertige Futterkonservierung nicht erfüllen. Häufig anzutreffende Qualitätsmängel sind unzureichende Bestandsführung des Feldgrases, falsche Gutfeuchten beim Bergen oder eine unzureichende Verdichtung im Silo.

Bei der Beprobung von Maissilos in 82 Betrieben zeigte sich, dass 91 % der Betriebe nicht die gewünschten Mindestdichten erreichten [2]. Die Gründe dafür waren vielschichtig. Manche Betriebe ernteten stärkereiche Maissorten bewusst mit TM-Gehalten, die über den empfohlenen Richtwerten lagen. Daraus leitet sich nicht automatisch eine schlechte Maissilage ab, die Wahrscheinlichkeit von Fehlgärungen steigt aber.

Vor dem Verdichten muss das Siliergut im Silo verteilt werden. Das Siliergut soll in gleichmäßigen, maximal 30 cm dicken Schichten im Silo eingebracht werden. Für das Verteilen, vor allem großer Siliergutmengen, wurden unterschiedliche technische Lösungen entwickelt. Zum Verteilen von Maishäckseln dominieren Schiebeschilder. Roewer [3] bietet ein System aus Schiebeschild, Zusatzgewichte und teleskopierbarem Zusatzhacken an. Mit diesem Zusatzhacken kann sich der Walztraktor ohne Aussteigen des Fahrers vor die Transportfahrzeuge hängen, um diese bei der Siloüberfahrt zu unterstützen.

Zum Transport von Anwelkgras von der Abkipfstelle vor dem Silo auf das Silo eignen sich spezielle Silagegabeln, die zum Teil mit Abschiebeeinrichtungen versehen sind [4]. Zum Verteilen des Anwelkgrases auf dem Silo werden Anbaugeräte mit waagerecht [5] oder senkrecht angeordneten Rotationselementen angeboten [6].

Für eine qualitätsgerechte Verdichtung sind hohe Walzgewichte erforderlich. Die Grundregel besagt, dass die Masse der Walzfahrzeuge mindestens ein Viertel, besser ein Drittel, der in einer Stunde angelieferten Siliergutmasse betragen soll [1].

Bei einem Siliversuch mit Anwelkgras wurden die Fahrstrecken des Walztraktors, die Massen der einzelnen einzulagernden Partien und die Volumenzunahme des Siliergutstapels bestimmt (**Bild 1**) [7]. Der Walztraktor hatte eine Eigenmasse von etwa 10 t und war auf der rechten Fahrzeugseite mit Reifen ausgestattet, die 20 % schmaler waren als die Standardvariante auf der linken Seite. Die damit verbundenen Unterschiede im Kontaktflächendruck wirkten sich nur gering auf die Siliergutdichte aus. Dichtebestimmungen mittels Bohrproben zeigten eine große Heterogenität der Dichten innerhalb gleicher Silohorizonte (**Bild 2**).

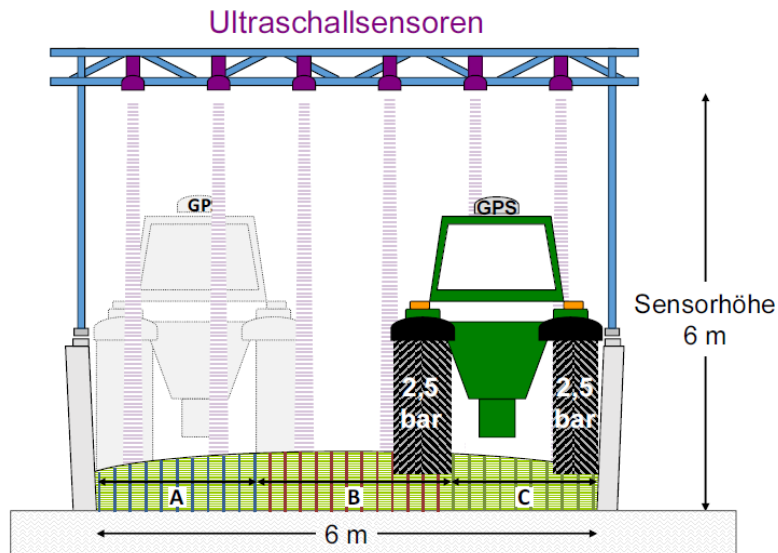


Bild 1: Skizze des Versuchstandes mit Ultraschallsensoren, unterschiedlich breiter Bereifung und Walzzonen [7]

Figure 1: Layout of the test stand with ultrasonic sensors, tyres with different widths and compaction areas [7]

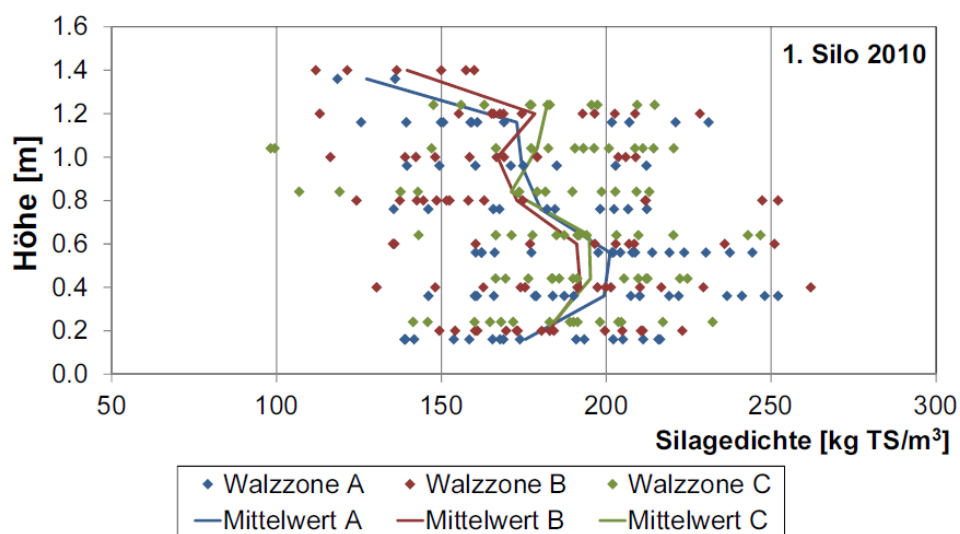


Bild 2: Verteilung der Dichtewerte in Abhängigkeit von der Probenahmehöhe [7]

Figure 2: Distribution of the density values depending on the sampling height [7]

Um die Verdichtungsleistung der Walztraktoren zu erhöhen, eignen sich zusätzliche Anbaugeräte mit speziellen Silowalzen [1; 8]. Diese Walzen wirken durch ihr Eigengewicht. Die Firma Weber MT [9] entwickelte eine Vibrationswalze mit Unwuchterregung für den Heckanbau des Walztraktors. Die Vibrationswalze ist 1,8 m breit, um zwischen den Traktorspuren zu verdichten. Die Walze hat eine Eigenmasse von 2,9 t. Bei einer Frequenz von 32 Hz erzeugt die Walze eine dynamische Zentrifugalkraft von 13 t.

Vor dem Einlagern sind die Silowände mit Folie auszukleiden. Nach Abschluss der Einlagerung ist das Siliergut möglichst luftdicht abzudecken. Zum Abdecken sind verschiedene Kombinationen von dünner Unterziehfolie, dickerer Deckfolie und Schutzgitter möglich [10].

Schätzungen gehen davon aus, dass in Deutschland für die Futtersilos jedes Jahr etwa 10.000 t erdölbasierte Folie eingesetzt werden [11]. Zur Verringerung dieser Menge arbeiten Forscher am Technologie- und Forschungszentrum (TFZ) in Straubing (Bayern) an einem biologisch abbaubaren Abdeckmaterial aus Pflanzenöl, Wasser und Latex. An der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Kiel befindet sich eine Abdeckung aus Maisstärke in der Entwicklung [11].

Heuverfahren

Pferdehalter und Milchviehbetriebe, deren Milch in die Hartkäseherstellung geht, bevorzugen zur Fütterung ihrer Tiere Heu. Um Gras in Form von Heu lagern zu können, muss der Trockenmassegehalt (TM-Gehalt) des Mähgutes über 86 % betragen. Eine Bodentrocknung unter dem Einfluss der natürlichen Witterung ist aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten oftmals nur begrenzt möglich. In einem Verfahrensvergleich wurde die Bodentrocknung dem Trocknen auf einer Kaltbelüftungsanlage oder auf einer Warmbelüftungsanlage mit solarunterstützter Luftentfeuchtung gegenübergestellt [12]. Bei der Bodentrocknung muss das Mähgut bis zum endgültigen Trockenmassegehalt auf der Grünfläche verbleiben. Beim Mähgut für die Kaltbelüftung oder die Warmbelüftung sind kürzere Feldliegezeiten möglich, weil das Mähgut mit rund 75 % bzw. 65 % TM-Gehalt geborgen und der Trocknungsanlage zugeführt werden kann. Dem verminderten Witterungsrisiko stehen Kosten für Energie und Investitionen von 2,90 Cent/kg Heu bzw. 7,00 Cent/kg Heu gegenüber.

Beim Trocknen von Rundballen mit Heu wird empfohlen, trotz der technischen Möglichkeiten den wesentlichen Teil der Trocknung auf dem Feld erfolgen zu lassen [13]. Je 10 %-Punkte geringerem TM-Gehalt verdoppelt sich die Trocknungsdauer auf der Trocknungsanlage im Verhältnis zu 75 % TM-Gehalt. Die Ballen sollen gleichmäßig mit geringem Druck gepresst werden.

Gute Erfahrungen konnten bei der Trocknung von Quaderballen mit Luzerneheu gesammelt werden [14]. Aufgrund der Trocknungsmöglichkeit konnten die Feldliegezeit der Luzerne und damit die Bröckelverluste gesenkt werden. Mit der Trocknungsanlage entstand ein weiterer Abnehmer für die Wärme der Biogasanlage.

Untersuchungen zur Qualität

Um Halmfutter mit guter Qualität verfüttern zu können, sind neben den technischen eine Reihe von biologischen Einflussfaktoren zu beachten. Das Zusammenspiel dieser Einflussfaktoren ist kompliziert.

Das komplexe Zusammenspiel wird bei einer Untersuchung von Gallo et al. [15] deutlich, die in 68 Milchkuhfarmen das Einsilieren von Silomais und die Silagequalität bei der Entnahme untersucht haben. Insgesamt wurden 196 Silage-Proben gezogen und auf 36 Einflussfaktoren untersucht. Eine multivariante Auswertung mittels Faktorenanalyse zeigte, dass sich die 36 Einflussfaktoren auf 11 Hauptfaktoren zusammenführen lassen.

Gelegentlich werden auf dem Feld beim Aufnehmen des Schwades auf dem Boden lebende Schnecken mit aufgenommen und dann im Silo eingelagert. Untersuchungen mit vier gestaffelten Besatzstufen an Spanischen Wegschnecken (*Arion vulgaris*) zeigten, dass eine zunehmende Schneckenkontamination zu einer verringerten Silagequalität führt [16]. Additiven wirkten sich teilweise positiv auf die Silagequalität aus.

Zusammenfassung

Halmfutter mit guter Qualität ist eine wichtige Voraussetzung für eine stabile Gesundheit der Wiederkäuer und eine hohe Milchleistung im Falle von Milchkühen. Obwohl die Grundregeln der Halmgutkonservierung bekannt sind, zeigen sich bei Praxisuntersuchungen erhebliche Mängel in der Qualität des Futters.

Im Berichtszeitraum wurden Silogabeln und Siloschiebeschilder weiterentwickelt. Zur Erhöhung der Verdichtungsleistung wurde eine Anbauwalze mit Vibrationsantrieb vorgestellt.

Mit Hilfe einer Faktorenanalyse wurde versucht, das komplexe Zusammenwirken der Stoff- und Prozessparameter beim Silieren besser beschreiben zu können.

Literatur

- [1] Fübbecker, A.; Buhl, J.; Degner, J.; Fröba, N.; Grube, J.; Hoffmann, T.; Maack, C.; Ostertag, J.; Recklegen, Y.; Thaysen, J.: Grassilage Spitzenqualität erzeugen. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, KTBL-Heft 108, 2015, S. 64.
- [2] Bensing, T.: Erschreckende Ergebnisse. profi 27 (2015) 9. S. 86 – 89.
- [3] -, -: Viele Tonnen in wenigen Stunden - das Röwer-System. profi 27 (2014) 5. S. 52.
- [4] Bensing, T.: Gabelt auf und schiebt ab. profi 27 (2015) 4. S. 26 – 28.
- [5] -, -: Reck. Agrartechnik. URL <http://www.reck-agrartechnik.de> - Aktualisierungsdatum: 03.02.2016.
- [6] Bensing, T.: Mechanisches Siliermittel. profi 27 (2015) 9. S. 20 – 23.
- [7] Latsch, R.; Sauter, J.: Grassilageverdichtung im Flachsilo. Agroscope Transfer 28 (2014). S. 1 – 8.
- [8] -, -: Walze für noch mehr Druck. Silowalze Stego 285-Pro. profi 27 (2015) 9. S. 23.
- [9] Bensing, T.: Vibrierende Walze rüttelt die Siloszene wach! profi 27 (2015) 4. S. 84 – 85.
- [10] Kalzendorf, C.: Sorgfältig verdichten und abdecken. Bauernzeitung 34. Woche 2015. S. 28 – 31.
- [11] Jensen, D.: Die fressbare Silofolie. Bauernzeitung 10. Woche 2015. S. 44 – 45.
- [12] Pöllinger, A.: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 19. Alpenländisches Expertenforum, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 2014. S. 35 – 44.
- [13] Wirleitner, G.; Wyss, U.: Richtlinien zur Trocknung von Rundballen. Agroscope Transfer 91 (2015). S. 1 – 8.
- [14] Engelhard, T.: Quaderballen schnell getrocknet. Bauernzeitung 15. Woche 2015. S. 39.
- [15] Gallo, A.; Bertuzzi, T.; Giuberti, G.; Moschini, M.; Bruschi, S.; Cerioli, C. und Masoero, F.: New assessment based on the use of principal factor analysis to investigate corn silage quality from nutritional traits, fermentation end products and mycotoxins. Journal of the Science of Food and Agriculture 96 (2016). S. 437 – 448.
- [16] Randby, Å.T.; Gismervik, K.; Andersen, A. und Skaar, I.: Effect of invasive slug populations (*Arion vulgaris*) on grass silage. I: Fermentation quality, in-silo losses and aerobic stability. In: Animal feed Science and Technology 199 (2015). S. 10 – 19.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hoffmann, Thomas: Halmgutkonservierung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-7

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055123>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/249.html>

Mähdrescher

Stefan Böttinger,

Institut für Agrartechnik, Fg. Grundlagen der Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

Kurzfassung

Im Berichtszeitraum gab es mehrere Tagungen und Messen mit Schwerpunkten zur Getreideernte. Zugenommen haben die Publikation zur Simulation mit der Diskreten Element Methode (DEM). Neben der Vereinfachung der Bedienung und der Automatisierung der Maschineneinstellung ist die Energieeffizienz auch bei Mähdreschern stärker in den Fokus gerückt.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Marktentwicklung, Stoffeigenschaften, Simulation, Automatisierung

Combine Harvester

Stefan Böttinger,

Institute of Agricultural Engineering, Fundamentals of Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

Abstract

During the reporting period several conferences and fairs with emphasis on grain harvest have took place. Publications about the simulation according the Discrete Element Method (DEM) have increased by number. Beside the simplification of the use of the machines the automation of the machine settings and also the energy efficiency has become more important.

Keywords

combine harvester, market development, physical properties, simulation, automation

Allgemeines und Marktentwicklung

Die Mähdreschermärkte haben sich im Saisonjahr 2014/15 recht unterschiedlich entwickelt, **Bild 1**. In Nordamerika ist der Absatz von 13 717 Einheiten im Jahr 2013 auf nur noch 7 329 im Jahr 2015 gefallen. Insbesondere in den USA war der Rückgang um 50 % innerhalb von zwei Jahren sehr stark. Ein ähnlich starker Einbruch des Marktes war dort 1998/99 zu verzeichnen. In Westeuropa fiel der Rückgang etwas moderater aus. Nach -10 % in 2014 reduzierte sich der Absatz nochmals um ca. 5 % auf nun 7 329 Einheiten. In Deutschland stabilisierte sich der Markt nach einem vergleichbaren Rückgang in 2014 wie in Westeuropa mit einer leichten Erholung um 1,4 % auf 1 891 Einheiten. In Russland sank der Absatz weiter auf nun ca. 4 700 Maschinen in 2015 [1; 2].

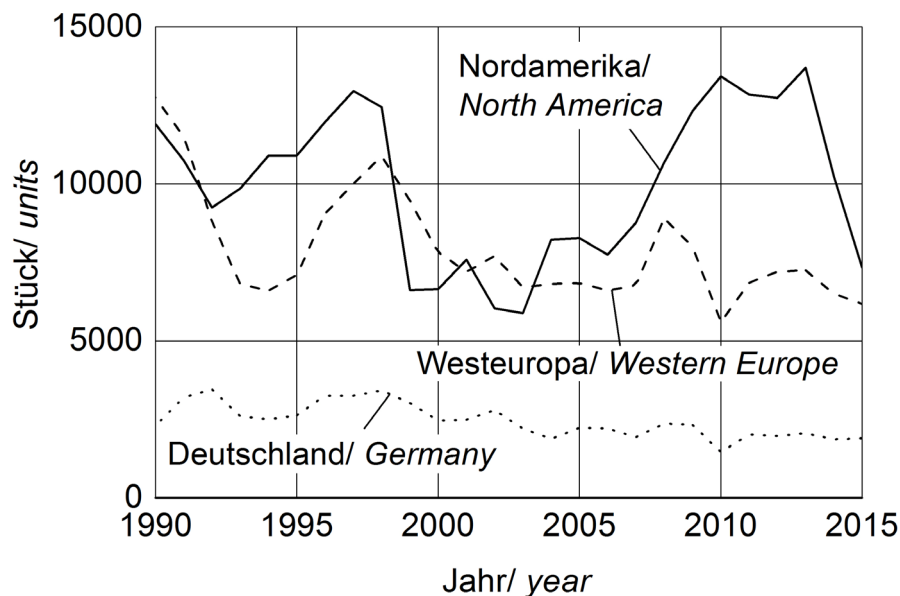


Bild 1: Entwicklung wichtiger Mähdreschermärkte [1; 2]

Figure 1: Development of important combine markets [1; 2]

Im Berichtszeitraum haben mit der VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng und dem ASABE Annual International Meeting wichtige nationale und internationale Tagungen stattgefunden, auf denen auch Beiträge zur Technik der Getreideernte präsentiert wurden. Auf der Messe Agritechnica 2015 in Hannover und der SIMA 2015 in Paris wurden von den Herstellern für den Bereich der Getreideernte eine Vielzahl von Verbesserungen im Detail sowie zahlreiche Neuheiten präsentiert. Zum Teil wurden diese mit Gold- und Silbermedaillen ausgezeichnet [3; 4]. Neben der Leistungserhöhung und -stabilisierung der Dresch-, Trenn- und Abscheidprozesse steht weiterhin eine vereinfachte oder automatisierte Maschineneinstellung auf die Erntebedingungen im Vordergrund. Weiterentwickelte Schulungen und Trainings sollen es den Bedienern der Mähdrescher noch besser ermöglichen, die installierte Druschleistung auszunutzen.

Immer wieder wird über neue Maschinenkonzepte diskutiert. Beachtung findet z.B. das Konzept Tribine (www.tribine.com), das ab 2016 in Newton, Kansas, USA in Produktion gehen

soll. Der Knicklenker mit Allradantrieb hat einen Korntank von 35 m³, der auf dem hinteren Fahrzeugteil angeordnet ist. Die Entleerzeit soll nur 2 Minuten betragen.

Dreschen, Trennen, Reinigen

Neben den Weiterentwicklungen der großen Mähdrescherhersteller gibt es vereinzelt auch Anpassungen konventioneller Erntetechnik an besondere Anbau- und Erntebedingungen wie z.B. bei Mischkulturen, wie sie in Asien stärker verbreitet sind [5].

Zur Stabilisierung der Trenn- und Reinigungsleistung am Seitenhang hat Claas das 4D-System für ihre große Lexion-Baureihe vorgestellt. Durch gesteuerte Klappen an den Trennrotoren kann je nach Hangneigung das abgeschiedene Gut verstärkt auf die hangaufwärtsgerichtete Seite des Vorbereitungsbodens der Reinigungsanlage geleitet werden. Dadurch kann die seit langem bekannte 3D-Reinigung mit ihren zusätzlichen Querschwingungen die Verluste am Seitenhang gering halten [6]. Debele et al. [7] untersuchte grundsätzlich das Arbeitsverhalten einer Reinigungsanlage mit Querschwingungen am Seitenhang. Dabei variierte er in der Simulation deren Stärke und den Versatz zur Längsschwingung und überprüfte dies im Labor.

John Deere stellte eine neue entwickelte Reinigungsanlage vor. Das Besondere der Anlage ist die konsequente Anwendung von Leichtbau durch einen Materialmix von unterschiedlichen Stahlblechqualitäten, Gußteilen und Aluminiumprofilen, **Bild 2**. Dadurch sei eine Gewichtsreduktion von 30 % erreicht worden. Als Verbindungstechnik werden Nieten eingesetzt. Dies soll vor allem Vorteile im Platzbedarf bei der Produktion ergeben. Die Reinigung wird zuerst in den T- und W-Modellen und in weiterentwickelter Form im nordamerikanischen Markt für die S-Modelle eingesetzt [8].

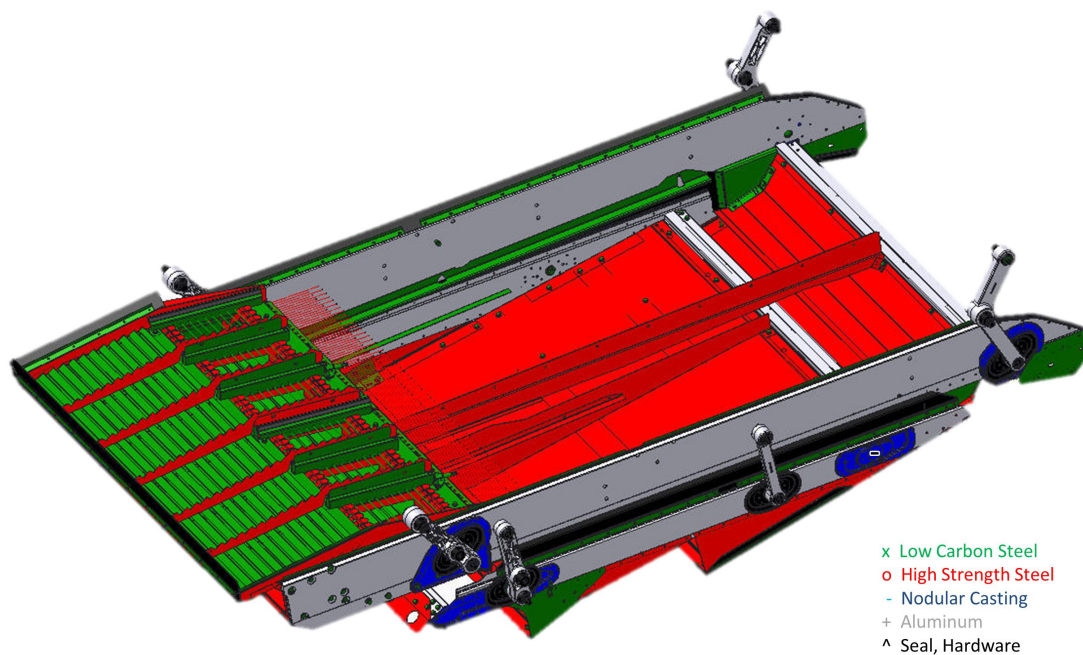


Bild 2: Neue John Deere Leichtbau Reinigungsanlage für die W- und T-Serie [8]

Figure 2: New John Deere light weight cleaning shoe for W- and T-series [8]

Für die Untersuchungen an Mähdreschern oder einzelnen Baugruppen wird vermehrt die statistische Versuchsplanung eingesetzt. Sie eignet sich nicht nur für eine Minimierung der nötigen Versuche, sondern kann auch für die Identifikation der relevanten Einflussgrößen auf die jeweiligen Prozesse genutzt werden [9]. Der Blick in die Dresch-, Trenn- und Reinigungsprozesse selbst ist seit langen ein Wunsch der Forscher und Entwickler. Der Einsatz von High-Speed Röntgenaufnahmen stellt eine Lösung dar, um beispielsweise die Durchdringung von Körnern durch eine Schicht aus Nichtkornbestandteilen (NKB) räumlich zu erfassen und darzustellen [10].

Schneidwerke und Strohmanagement

Für Maispflücker werden Optimierungen für Pflückwalzen vorgenommen. Auf Basis von Simulationen werden bestimmte Drehzahlen und Drehzahldifferenzen für die Pflückwalzen vorgeschlagen, um Körnerverluste und Körnerbruch zu reduzieren. Erste Laborversuche bestätigen die Simulationsergebnisse [11]. Untersuchungen in einem großen Maisanbaubereich in China mit verschiedenen Pflückwalzen bei unterschiedlichen Erntebedingungen ergaben ähnliche Verluste an Kolben und Körnern. Sehr starke Unterschiede ergaben sich aber für den Körnerbruch durch die Pflücker [12].

Getreidestroh und -spreu ist in vielen Regionen ein wertvoller Rohstoff, der auch für die Tierernährung eingesetzt werden kann. Die Ernte und eine Aufbereitung des Strohs ist mit speziellen „straw combine harvester“ möglich. Deren Einstellung muss auch auf die jeweilige Strohqualität angepasst werden [13]. Unkrautsamen sind häufig im Reinigungsübergang enthalten. Auf der SIMA 2015 wurde der Perard Chaff Harvester vorgestellt, der mit eigenem Fahrwerk neben dem Mähdrescher angebracht werden kann und den Reinigungsübergang sammelt und verpackt. Damit wird eine weitere Verbreitung der Unkrautsamen verhindert [4; 14].

Der Hochschnitt bei Mähdreschern wird nicht nur zur Steigerung der Durchsatzleistung sondern auch zur Kraftstoffeinsparung diskutiert. Jokiniemi et al. [15] ermittelten bei ihren Versuchen eine Energieeinsparung von 22 bis 25 %. Allerdings wird für das Mulchen der langen Stoppel in einem separaten Arbeitsgang ca. 10 Prozent-Punkte mehr verbraucht als vorher eingespart wurde. Bei Langstrohablage konnte 17 % Energie eingespart werden. Die höhere Durchsatzleistung von 24 bis 27 % wurde in dieser Untersuchung nicht bewertet. Lundin [16] konnte bei seinen Versuchen durch eine angepasste Einstellung des Strohhäckslers an die tatsächlich nötige Häckselintensität und Aufspaltung den Leistungsbedarf um bis zu 36 % reduzieren.

Die Anforderungen an die Häcksel- und Verteilqualität sind insbesondere in Hohertragsregionen sehr hoch. Bei Schneidwerksbreiten von über 10 m ist eine gleichmäßige Verteilung nicht einfach zu erreichen. Claas hat einen Modulbaukasten entwickelt und bietet verschiedene Häckslers und Verteilaggregate mit unterschiedlichen Einstellmöglichkeiten an. Der Leistungsbedarf wurde durch den Wechsel von einem hydraulischen zu einem mechanischen Antrieb verringert. Zusätzlich wird mit der automatischen Seitenwindkompensation nun ein erster Schritt zu der Automatisierung des Strohmanagements angeboten [17; 18].

Zürn entwickelte in Kooperation u.a. mit der TU Dresden, HTW Dresden und Gebr. Schumacher ein Mähdrescherschneidwerk mit elektrifizierten Funktionsantrieben, das auf der Agritechnica 2015 mit einer Silbermedaille ausgezeichnet wurde [3]. Die einfache Steuer- und Regelmöglichkeit der elektrifizierten Antriebe ermöglichen neue, noch im Detail zu untersuchende Optimierungen für den Gutfluss [19; 20].

Es wird weiterhin an Alternativen für das konventionelle Getreideschneidwerk gearbeitet. Der Strippervorsatz eines chinesischen Mähdreschers für Reis- und Weizen ist mit einer pneumatischen Förderung ausgestattet. Sun et al. [21] untersuchte verschiedene Möglichkeiten zur Lärmreduktion bei dem Gebläse.

Antriebe und Fahrwerke

Die Verbrennungsmotoren von Mercedes bei den Claas Lexion Modellen 770 und 780 sind nun auch mit Turbo-Compound ausgestattet. Durch die zusätzliche Turbine im Abgasstrom wird über eine Kupplung Leistung auf die Kurbelwelle übertragen. Dadurch sollen die Motoren bis zu 8 % mehr Leistung bei einem um 3 % verbesserten Volllastwirkungsgrad erreichen [22].

Alle großen Mähdrescher-Hersteller bieten nun Bandlaufwerke für ihre Maschinen ab Werk an. Damit die Räder der Lenkachse ebenfalls mit niedrigem Kontaktflächendruck betrieben werden können, bietet Claas für diese nun ab Werk eine Reifenluftdruckregelanlage zur Anpassung des Fülldruckes an die tatsächliche Gewichtsbelastung an [23]. Die Neukirchener Achsenfabrik NAF zeigte eine allradangetriebene Bogie-Achse an einem Mähdrescher.

Zur Optimierung der Mähdrescherantriebe müssen die entsprechenden Last- und Leistungskollektive bekannt sein. In [24; 25] wird ein erweitertes Verfahren vorgestellt um aus wenigen aufgenommenen Kollektiven neue abzuleiten und dann im virtuellen Maschinenversuch verschiedene Antriebslösungen zu testen und zu bewerten.

Stoffeigenschaften

Die Stoffeigenschaften des Erntegutes beeinflussen die Maschinenleistung. Durch die Maschineneinstellungen kann darauf reagiert werden. Ravikanth et al. [26] untersuchte die Möglichkeiten zur Erkennung unterschiedlichster Beimengungen und von gebrochenen Körnern in Weizen mit Hilfe von Nah-Infrarot-Bildern (NIR). Dies ist hier mit einer Sicherheit von bis zu 92 % gelungen. Allerdings durften die Proben nur mit einer Art von Beimengung verunreinigt sein.

Für Mais wurden mechanischen Stoffeigenschaften wie die Zugkraft am Stängel und die Pflückkraft am Kolben ermittelt. Diese Stoffeigenschaften können bei der Entwicklung eines Strippers für Maiskolben hilfreich sein [27]. Für die Anpassung eines Reismähdreschers zur Ernte von Borstenhirse müssen die Stoffeigenschaften ermittelt werden. Jun et al. [28] präsentieren dazu die Ergebnisse und die geänderten Einstellungen an der Maschine um die Durchsatzleistung zu erhöhen.

Die Festigkeit von Körnerfrüchten kann in Anlehnung an die Wöhlerkennlinien für metallische Werkstoffe ermittelt werden. Erstmals wurde dazu eine Methodik entwickelt und exemplarisch für Weizen angewandt. Noch ist die Methode sehr aufwendig und bedarf einer weiteren Entwicklung. Die Ergebnisse können in der Auslegung von Mähdreschern genutzt werden. Zudem bilden sie eine weitere Grundlage für eine Simulation des Druschprozesses [29; 30].

Simulation

Die Simulation der mechanischen und der verfahrenstechnischen Prozesse im Mähdrescher hat sich zu einem etablierten Werkzeug für die Forschung und Entwicklung entwickelt. Verbesserungen werden mit der Detailtreue bei der Simulation nach der Diskreten Element Methode (DEM) erwartet. Grenzen hierfür sind die Rechenleistungen, damit diese Entwicklung auf in üblichen Entwicklungsprozess integriert werden kann.

Für die DEM-Simulation müssen die Parameter vielfältiger Güter ermittelt werden. Im Projekt ADALS wird eine Datenbank zur Parametrisierung von landwirtschaftlichen Gütern aufgebaut [31]. Körnerfrüchte müssen zuerst in ihrer Form nachgebildet werden. Bei Mais zeigte sich deutlich der Einfluss dieser Form auf die Simulationsergebnisse [32]. Zur weiteren Parametrisierung von Körnern gehört neben dem Bruchverhalten [29; 30] auch die Stoßzahl. Sie kann aus Hochgeschwindigkeitsaufnahmen ermittelt werden [33]. Zhan et al. [34] simulieren den Aufprall von Reiskörnern auf die Fläche eines Verlustsensors. Sie gewinnen aus der Simulation Daten wie die maximale Kraft und den Kraftverlauf, die für die Entwicklung eines Verlustsensors genutzt werden können.

Zur DEM-Simulation von Halmgut muss ebenfalls der mögliche Aufbau der Halme in der Simulation untersucht und dann diese parametrisiert werden. Thielke et al. [35] entwickeln ein Modell für Stroh, parametrisieren und validieren es. Es wird eine erste Anwendung in einem einfachen landtechnischen Förderprozess vorgestellt. Die Prozesse der Halmguternte lassen sich ebenfalls mit einem DEM-Halmgutmodell darstellen [36].

Mit der Abscheidung von Körnern durch eine Stroh- oder Stroh-Spreu-Schicht können die Prozesse auf Hordenschüttlern, auf dem Vorbereitungsboden und auf den Sieben dargestellt werden. Lenaerts et al. [37] untersuchen die Durchdringung von Körnern durch eine vertikal oszillierende Strohschicht. Die Ergebnisse aus der Literatur können gut nachgebildet werden. Es zeigte sich, dass neben den Stoffeigenschaften der größte Einfluss auf die Durchdringungszeit die Strohmassenbelegung und auch der Korndurchmesser sind. Ma et al. [38] untersuchten mit der DEM-Simulation die Durchdringung und Abscheidung von Körnern durch eine Strohschicht mit unterschiedlicher mechanischer Anregung.

Zur Simulation der Prozesse in einer Reinigungsanlage muss auch die Luftströmung berücksichtigt werden. Korn et al. [39] zeigen die Möglichkeiten der Strömungssimulation als Entwicklungswerkzeug für die Mähdrescherentwicklung auf. Pförtner et al. [40] stellen eine Methode vor, wie bei ihnen die strömungstechnischen Eigenschaften von Körnern und von Strohpartikeln für modelliert und verifiziert werden können. Damit ist eine Kopplung der Simulation nach der Diskreten Element Methode mit einem simulierten Strömungsfeld möglich.

Elektronik, Bedienung und Automatisierung

An Alternativen zu den bekannten Gutflusssensoren wird immer wieder gearbeitet. Mit einem Laserscanner kann der Ausfluss von Körnern aus einem Behälter nur mit einer Genauigkeit von ca. 90 % erfasst werden [41]. Deshalb ist von einer Übertragung auf mobile Maschinen abzusehen. Unter dem Sieb der Reinigungsanlage können die abgeschiedenen Körner auch mit einem Lichtgitter erfasst werden [42]. Allerdings sind dazu mehrere Sensoren nötig, um die gesamte Siebfläche abzutasten. Die Verbesserung einer existierenden Ertragsmesseinrichtung fokussiert sich auf die Algorithmen für die Fehlererkennung und -eliminierung, für optimierte Transportverzugszeiten im Mähdrescher und auf den Zeitversatz beim Start und Stop des Dreschens im Feld [43]. John Deere zeigt mit seinem System Active Yield wie mit weiteren Sensoren im Korntank die Füllvorgänge überwacht, Änderungen bei den Guteigenschaften erkannt und der Ertragssensor neu kalibriert werden kann [3].

Anhand von aktuellen Messdaten kann mit entsprechenden Algorithmen während des Druschprozesses eine Systemidentifikation erfolgen. In [44] wird eine Methode vorgestellt, die geeignet ist, Automatisierungsprozesse im Mähdrescher zu unterstützen. Bormann et al. [45] beschreiben das neu von Claas vorgestellte Überwachungssystem Auto Crop Flow. Die Überwachung der Antriebe soll dem Fahrer ermöglichen, den Mähdrescher mehr an dessen Leistungsgrenze zu betreiben. Sich anbahnende Überlastungen werden anhand des Drehzahlabfalles der Antriebe erkannt, der Fahrer wird gewarnt und z.B. der Einzug abgeschaltet. John Deere unterstützt den Fahrer durch die weiterentwickelte und mit einer Silbermedaille bei der Agritechnica 2015 ausgezeichnete Maschineneinstellung Integrated Combine Adjustment 2 (ICA2) [3]. Verbesserte Körnersensoren und Kameras im Körner- und im Überkehrelevator informieren den Fahrer über die aktuelle Arbeitsqualität. Weicht diese von einem voreingestellten Wert ab, werden automatisch die Maschineneinstellungen gemäß den vom Fahrer vorgegebenen Prioritäten von Leistung und Qualität optimiert. Simulatoren unterstützen das Training der Fahrer und bereiten sie auf den Ernteeinsatz vor. Von John Deere wird ein neuer, in eine Mähdrescherkabine integrierter Simulator vorgestellt, der für Schulungen zu den Händlern gebracht werden kann [46].

Einsatz und Logistik

Der Einsatz von Mähdreschern und von der gesamten Erntelogistikkette ist im Fokus mehrerer Entwicklungen. Shearer et al. [47] zeigen ein weiteres Modell um die In-Field Logistik zu optimieren. Busato et al. [48] betrachten dagegen die gesamte Logistikkette bei der Reisernte. Hierbei sind Besonderheiten der Reisernte wie das Abtanken am Feldrand und nur an einer Feldseite beachtet worden. Interessant ist das Ergebnis, dass bei fehlendem Abfuhrgepäck und nicht ausreichender Korntankkapazität für eine weitere Feldfahrt, es sich lohnt mit reduzierter Schnittbreite weiter zu arbeiten.

Für die Rückverfolgbarkeit von Getreidechargen wurde schon vor längerem die Beimischung von in nachgebildeten Körnern integrierten RFID-Chips vorgeschlagen. In einer weiteren Arbeit wird die Entmischung der nachgebildeten Körner aus dem Getreide durch Vibrationen, wie sie beim Transport auftreten können, untersucht [49].

Energieeffizienz

Die Energieeffizienz der Motoren, der Antriebe und der gesamten Maschine steht seit längerem im Fokus. Neben den Kraftstoffverbrauchskosten für den Anwender sollen die Emissionen der Klimagase reduziert werden. Für eine gerechte Bewertung der Emissionen muss die gesamte Prozesskette von der Feldbearbeitung bis zur Einlagerung betrachtet und auf den Ertrag bezogen werden [50; 51]. Fillingham et al. [52] erstellten ein Modell zur Beschreibung des Kraftstoffverbrauchs eines Mähdreschers. Er validierte es anhand von Messungen an mehreren Maschinen und über verschiedene Ernten. U.a. kann er damit den Einfluss der Maschineneinstellung auf den Kraftstoffverbrauch aufzeigen. Weitere Untersuchungen zur Energieeffizienz von einzelnen Komponenten und Antrieben sind bereits oben genannt [15; 16; 22 bis 25].

Zusammenfassung

Die Märkte für Mähdrescher zeigten sich im Berichtszeitraum meist rückläufig. Weiterentwicklungen der Hersteller fanden statt mit Schwerpunkt auf die Stabilisierung und die Erhöhung der Druschleistung. Dies wird neben verbesserten Arbeitselementen verstärkt durch die erleichterte Bedienung und teilweise auch durch automatisierte Maschineneinstellungen erreicht. Der Einsatz des einzelnen Mähdreschers als Glied der Drusch- und Abfuhrlogistikette findet vermehrt Beachtung. Dadurch können durch Zeit- und Kraftstoffeinsparungen Kostenvorteile erzielt werden.

Literatur

- [1] N.N.: AEM Ag Tractor and Combine Report. URL <http://aem.org/MarketInfo/Stats/> - Aktualisierungsdatum: 07.03.2016.
- [2] Persönliche Mitteilung VDMA, 01.02.2016.
- [3] N.N.: Neuheitenmagazin agritechnica 2015. URL https://www.agritechnica.com/fileadmin/downloads/2015/neuheiten/AT_Neuheitenmagazin_2015_dt_IT.pdf - Aktualisierungsdatum: 01.02.2016.
- [4] N.N.: SIMA 2015 Press Kit. URL http://en.sima-sipsa.com/content/download/158895/1729367/file/SIMA2015_PressKit_Nov2014.pdf – Aktualisierungsdatum: 01.02.2016.
- [5] Qu, Z.; Yang, L.; Zhang, D. und Cui, T.: Experimental study on corn harvester for intercropping pattern. ASABE Paper Number 152189707.
- [6] Bußmann, C.; Baumgarten, J. und Bußmann, J.: Performance stabilization of the separation and cleaning process in a standard combine harvester working on slopes. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 387-393.
- [7] Debele, Z. A. und Bernhardt, G.: Modeling and experimental testing of grain matt dislocation reduction on combine cleaning shoe while working on sloppy fields through additional lateral oscillations. ASABE Paper Number 141869276.
- [8] Rittershofer, M.; Fuchs, V.; Walter, J. und Healy, J.: Light weight cleaning shoe. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 153-159.
- [9] Patel, S. K. und Varshney, B.P.: Modeling of wheat crop harvesting losses. Agric. Eng. Int.: CIGR Journal 16 (2014) H.2, S. 97-102.
- [10] Beckmann, K.; Böttinger, S.; Schwarz, M. und Bölling, R.: New method to detect grain in grain-MOG-mixtures. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 175-181.
- [11] Wang, G.; Jia, H. und Tang, L.: Design and experiment of differential speed snapping rollers for horizontal roller corn harvester. ASABE Paper Number 152189917.
- [12] Cui, T.; Zhang, D.; Shi, S. und Zhang, Z.: Effect of different ear-picking mechanism of combine on corn harvesting. ASABE Paper Number 141906819.
- [13] Dhimate, A.S.; Mahal, J.S.; Singh, M.; Dixit, A. K.; Manes, G.S. und Khurana, R.: Analysis of straw bruising and sieving system on performance of modified wheat straw combine for better straw quality. Agric. Eng. Int.: CIGR Journal 16 (2014) H.4, S. 89-96.
- [14] Spencer, J.: The Pérard 'chaff harvester' brings a new solution to a growing problem. URL <http://www.farmersweekly.co.za/article.aspx?id=73613&h=The-P%C3%A9rard-VMP-chaff-harvester> – Aktualisierungsdatum: 01.02.2016.
- [15] Jokiniemi, T.; Suomi, P.; Linkolehto, R. und Ahokas, J.: Effect of cereal stubble management on the combine harvester performance and energy requirements. Agric. Eng. Int.: CIGR Journal 17 (2015) H.4, S. 64-72.

- [16] Lundin, G.: Reduced combine harvesting power demand by adaption of the straw chopping intensity. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 169-174.
- [17] Brinkmann, J.; Beulke, C.; Knierbein, C. und Ducrée, D.: Efficiency increase in the residue management process. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 411-417.
- [18] Knierbein, C. und Kleffmann, B.: Entwicklung eines mechanischen Antriebssystems für ein aktives Strohverteillaggregat von Mähdreschern. 16. Antriebstechnisches Kolloquium, 03./04.03.2015, Aachen, Tagungsband, S. 399-413.
- [19] Wöbcke, S. und Herlitzius, T.: Mähdrescherschneidwerk mit elektrifizierten Funktionsantrieben. 16. Antriebstechnisches Kolloquium, 03./04.03.2015, Aachen, Tagungsband, S. 415-426.
- [20] Wöbcke, S. und Herlitzius, T.: Mähdrescherschneidwerk mit elektrifizierten Funktionsantrieben - Konzept und erste Feldversuchsergebnisse. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 137-144.
- [21] Sun, Z.; Wang, L. und Pan, Z.: Analyses of vibration characteristics of power fan for the 4ZTL-1800 pneumatic conveying combine stripper harvester. Transactions of the ASABE 57 (2014) H.3, S. 693-699.
- [22] N.N.: Turbo-Compound-Technologien für Lexion 780 / 770. URL http://www.claas.de/produkte/maehdrescher/lexion780-740-2015/motor-fahrwerk/motor?subject=CVG_de_DE - Aktualisierungsdatum: 01.02.2016.
- [23] Krauß, A.; Wagemann, S. und Höing, C.: Traktions- und Effizienzoptimierung durch Integration einer Reifendruckregelanlage in der Lenkachse eines Mähdreschers. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 271-280.
- [24] Häberle, S.; Böttinger, S. und Mutschler, S.: Modellbasierte Effizienzbewertung von Mähdrescherfahrantrieben. Landtechnik 70(4), 2015, S. 158-166, DOI:10.15150/lt.2015.2671.
- [25] Häberle, S.; Böttinger, S. und Mutschler, S.: Virtueller Maschinenversuch: Der Weg zum effizienten Mähdrescher? Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 131-136.
- [26] Ravikanth, L.; Singh, C.B.; Jayas, D. S. und White, N. D. G.: Classification of contaminants from wheat using near-infrared hyperspectral imaging. Biosystems Engineering 135 (2015), S. 73-86.
- [27] Zhang, Z.; Zhang, D.; Cui, T. und Li, K.: Experiment on mechanical properties of corn plant related to corn stripping harvest mechanism. ASABE Paper Number 152188953.
- [28] Jun, H. J.; Kang, T. G.; Choi, I. S.; Choi, Y.; Choi, D. K. und Lee, C. K.: Study on performance improvement of a head feeding type rice combine for foxtail millet harvesting. ASABE Paper Number 1912660.

- [29] Ruoff, T.; Mümken, P.; Baumgarten, J. und Böttinger, S.: Grundlagen zu Betriebsfestigkeitsuntersuchungen von Getreide - Methodik zur Bruchanalyse für die Simulation. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 347-355.
- [30] Mümken, P.: Grundlagenuntersuchungen zum Tangentialdreschwerk. Erstellung eines Bruchmodells für Getreide. Dissertation Universität Stuttgart 2015. Forschungsbericht Agrartechnik des FAFL der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 551.
- [31] Pruefer, A. und Meinel, T.: ADALS – A database for agricultural materials and a new approach in parameterization of DEM simulations. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 371-378.
- [32] Markauskas, D.; Ramírez-Gómez, Á.; Kačianauskas, R. und Zdancevicius, E.: Maize grain shape approaches for DEM modelling. Computers and Electronics in Agriculture 118 (2015), S. 247–258.
- [33] Bäurich, M. und Herlitzius, T.: Erfassung des Stoßverhaltens biogener Partikel anhand von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 339-346.
- [34] Zhan, Z.; Li, Y.; Liang, Z. und Gong, Z.: DEM simulation and physical testing of rice seed impact against a grain loss sensor. Biosystems Engineering 116 (2013), S. 410-419.
- [35] Thielke, L.; Kemper, S.; Sümening, F. und Frerichs, L.: Simulation of stalks in agricultural processes – using the Discrete Element Method. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 365-370.
- [36] Kajtar, P. und Loebe, S.: Diskrete Element Simulation von Halmgut. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 59-64.
- [37] Lenaerts, B.; Aertsen, T.; Tijssens, E.; De Ketelaere, B.; Ramon, H.; De Baerdemaeker, J. und Saeys, W.: Simulation of grain-straw separation by Discrete Element Modeling with bendable straw particles. Computers and Electronics in Agriculture 101 (2014), S. 24–33.
- [38] Ma, Z.; Li, Y. und Xu, L.: Discrete-element method simulation of agricultural particles' motion in variable-amplitude screen box. Computers and Electronics in Agriculture 118 (2015), S. 92–99.
- [39] Korn, C. und Herlitzius, T.: Strömungssimulation als Entwicklungswerkzeug in der Mähdruschtechnik - Potenzial, numerische Verfahren und Validierung. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 65-73.

- [40] Pfortner, J.; Böttinger, S.; Schwarz, M. und Bölling, R.: Methode zur Modellierung und Verifizierung strömungstechnischer Eigenschaften von Korn- und Strohpartikeln. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 325-331.
- [41] Navid, H.; Taylor, R. K.; Yazgi, A.; Wang, N.; Shi, Y. und Weckler, P.: Technical Note: Detecting grain flow rate using a laser scanner. Transactions of the ASABE 58 (2015) H.5, S. 1185-1190.
- [42] Lee, K.-H.; Chung, S.-O.; Hur, Y.-K.; Chae, Y.-S.; Lee, J.-S.; Kim, S.-K. und Jung, K.-Y.: Issues to improve yield maps of small sized fields. ASABE Paper Number 141906886.
- [43] Choi, M.-C.; Chung, S.-O.; Hur, Y.-K.; Chae, Y.-S.; Lee, J.-S.; Kim, S.-K. und Jung, K.-Y.: Construction and tests of grain flow and water content sensors for full-feed type mid-sized multipurpose combines. ASABE Paper Number 141906947.
- [44] Ließner, R.; Eggerl, A. und Herlitzius, T.: Möglichkeiten zur Online-Systemidentifikation beim Mähdruschprozess. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 333-338.
- [45] Bormann, B. und Middelberg, R.: Performance enhancement in combine harvesters through Auto Crop Flow Control. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 405-409.
- [46] Gilmore, B.; Hunt, T.; Chitanda, M. und Nguyen, A.: Combine Operator Training Simulator. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 337-342.
- [47] Shearer, S. A.; Wolters, D.J.; Root, P. G.; Klopfenstein, A. A. und Schroeder, B. A.: Modeling of grain harvest logistics for modern in-field equipment complements. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 379-385.
- [48] Busato, P.: A simulation model for a rice-harvesting chain. Biosystems Engineering 129 (2015), S. 149-159.
- [49] Steinmeier, U.; Neudecker, M.; Witt, A.; von Hörsten, D. und Schröter, M.: Segregation of simulated RFID markers during handling and transport of wheat. Transactions of the ASABE 57 (2014) H. 2, S. 555-563.
- [50] Fleck, B.; Nacke, E.; Böttinger, S.; Frerichs, L. und Hanke, S.: Der Weg zur freiwilligen Selbstverpflichtung der europäischen Landtechnikindustrie zur Reduktion von CO₂-Emissionen. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 301-308.
- [51] Hanke, S.; Frerichs, L.; Fleck, B. und Nacke, E.: Methode zur Ermittlung der CO₂-Emissionen von Landmaschinen in einer Verfahrenskette. Tagung Landtechnik AgEng, 19./20.11.2014, Berlin. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2226. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014, S. 309-314.

- [52] Fillingham, R.; Blackmore, S.; Clare, D.; White, D. R.; Korte, H. und Kettelhoit, B.: Development of a model to optimise the energy requirement of a grain harvest. Tagung Landtechnik AgEng, 06./07.11.2015, Hannover. In: VDI-MEG, VDI-Berichte Nr. 2251. Düsseldorf: VDI-Verlag 2015, S. 161-167.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Böttinger, Stefan: Mähdrescher. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-13

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055124>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/251.html>

Kartoffeltechnik

Michael Klindtworth, Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG

Kurzfassung

Die Kartoffel zählt zu den wichtigsten Kulturen zur Ernährung der Menschheit [1]. Die Mechanisierung des Kartoffelanbaus hat damit eine besondere Bedeutung. Sie findet weltweit auf sehr unterschiedlichem Niveau statt. In hochtechnisierten Ländern stehen v.a. elektronische Aspekte (Bedienung, Datenmanagement, etc.) im Focus, mit denen die Effizienz, Präzision und Sicherheit der Maschinen weiter gesteigert werden kann. Daneben gibt es zahlreiche mechanische Weiterentwicklungen in der gesamten Verfahrenskette des Anbaus (u.a. in den Bereichen Bodenbearbeitungstechnik, Boden- und Pflanzenschutz, Antriebssysteme, Trennaggregate), auf die im Beitrag mit ausgewählten Beispielen eingegangen wird.

Schlüsselwörter

Kombinierte Arbeitsverfahren, Pflanzenschutztechnik in Legemaschinen, Erosionsschutz, Kartoffelernte, pneumatisches Trenngerät (AirSep), stufenloser Antrieb (VarioDrive), Assistenzsysteme im Kartoffelanbau

Potato Technology

Michael Klindtworth, Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co.KG

Abstract

The global production of potatoes is characterized by an increase of mechanization. The process from planting to harvesting and storage is done at different levels of mechanization. Improvements in (high) developed countries are frequently related to electronic aspects (operation, data-management, etc.). Furthermore there are also numerous mechanical improvements in the whole production-process from cultivation to post-harvest processing (tillage equipment, drive systems, crop protection, etc.), which will be described with selected examples.

Keywords

Machinery for combining tillage and planting, application technologies for chemical treatment in potato planters, erosion protection, potato harvesting, pneumatic separator (AirSep), infinite drive systems (vario drive), electronic assistance systems

Einführung

Der Berichtszeitraum 2014-2015 ist durch eine weltweit angespannte Vermarktungssituation für Kartoffeln mit lang anhaltend niedrigen Erzeugerpreisen gekennzeichnet. Dies ist bemerkenswert, da die Kartoffel nach Mais, Reis und Weizen als eine der wichtigsten Feldfrüchte zur Ernährung der Menschheit [1] gilt, die jährlich um ca. 100 Mio. Menschen wächst. In Folge des Preisniveaus kam es zu einem eher verhaltenen Absatz von Neumaschinen auf den "etablierten" Märkten der Nordhalbkugel. Die europäischen Hersteller widmeten sich daher verstärkt aufstrebenden Märkten wie China, Indien und ausgewählten Ländern Südamerikas. Außerdem nutzten sie die Zeit für Neuentwicklungen und zahlreiche Detailverbesserungen an den Maschinen.

Rahmenbedingungen zum Einsatz von Technik im Kartoffelanbau

Die Weiterentwicklung moderner Kartoffeltechnik unterliegt vielschichtigen Bedingungen. Neben klimatischen und ackerbaulichen Rahmenbedingungen wie Niederschlagsmenge, Niederschlagsverteilung, Bodeneigenschaften, Stein- und Klutenbesatz hat das Lohnniveau der verfügbaren Arbeitskräfte eine besondere Bedeutung. Weiterhin hat die angestrebte Verwertung der angebauten Kartoffeln als Saatkartoffel, Frischware oder als industrieller Rohstoff für Flocken oder Kartoffelstärke einen entscheidenden Einfluss auf das gesamte Anbauverfahren und die eingesetzte Technik.

Für den erfolgreichen, globalen Vertrieb von Maschinen ist es daher notwendig, dass mindestens zu folgenden Aspekten möglichst detaillierte, regionale Kenntnisse vorliegen:

- die landwirtschaftlichen Anbaubedingungen
- das eingesetzte Sortenspektrum und dessen Verwertung
- die spezifischen Boden- und Klimabedingungen
- die "typische" Betriebsausstattung einschließlich der verfügbaren Traktorentchnik (u.a. Zugkraft, Hubkraft, Hydraulik, Elektronik)
- die Präferenzen und das verfügbare Know-How des Anbauers

Wie unterschiedlich die Technik im Kartoffelanbau sein kann, zeigen folgende Beispiele: Regionen mit hohen Bodenpreisen und hohen Löhnen (z.B. Westeuropa, insbesondere die Niederlande) setzen auf modernste Technik. Andere Regionen (z.B. die USA) sind weniger durch High-Tech, als vielmehr durch "Größe" charakterisiert. Große Flächen, große Traktoren, große Maschinen, die in der Regel deutlich breiter sind als in Europa, kennzeichnen den Markt. Bei den Kartoffelsorten stehen vor allem groß ausfallende, relativ dickschalige, unempfindliche Sorten im Vordergrund.

Im Gegensatz dazu bauen Entwicklungsländer häufig Sorten an, die eher klein ausfallen und an die speziellen Klimabedingungen angepasst sind. Viele dieser Länder stehen derzeit auf der Schwelle von der Handarbeit zur mechanisierten Flächenbewirtschaftung. Sie erwarten vor allem einfache Maschinen, die mit vergleichsweise kleinen Traktoren betrieben werden können. Bei insgesamt niedrigen Löhnen sind leistungsfähige Schwadleger mit einfacher Krauttrennung die Türöffner für weitergehende Mechanisierungsstufen.

Allen Regionen gemeinsam ist, dass die Erwartungen an die Hersteller gestiegen sind. Dies betrifft nicht nur den klassischen Maschinenbau mit der Herstellung zuverlässiger Maschinen, sondern auch eine Optimierung der gesamten Verfahrenskette von der Bodenbearbeitung bis hin zur Einlagerung und Aufbereitung der Kartoffeln.

Technik zum Legen und Pflegen der Kartoffel

Bodenbearbeitung, Erosionsschutz

Die besondere Wurzelentwicklung der Kartoffel macht eine vergleichsweise tiefe Lockerung des Bodens erforderlich, um ein gleichmäßiges Knollenwachstum zu fördern. Der Anbau von Kartoffeln mit Minimal-Bodenbearbeitung spielt deshalb in Westeuropa eine vergleichsweise geringe Rolle. Mit der mechanischen Bodenlockerung steigt das Risiko, dass Starkregenereignisse zu unerwünschtem Bodenabtrag führen. Um diese Erosionen auf gefährdeten Standorten zu reduzieren, bieten verschiedene Hersteller neu entwickelte Querdammhäufel oder Sternradhäufel (so genannte Dyker) an. Wobei technisch zwischen abrollenden Häuflern (**Bild 1, A und B**) und aktiv, hydraulisch absenkbaren Häuflern (**Bild 1, C und D**) unterschieden werden muss.



Bild 1 A-D: Querdammhäufel unterschiedlicher Bauart hinter 2-, 4- und 6-reihigen Kartoffel-Legemaschinen. Passiv abrollende Werkzeuge (A, B). Aktiv einstechende Werkzeuge, einzeln hydraulisch angesteuert (C) bzw. gemeinsam hydraulisch absenkbar (D)

Figure 1 A-D: Different versions of dykers mounted behind a 2-, 4- and 6-row potato planter. Dykers are available as passive rolling device (A, B) or with active hydraulic lifting (C, D)

Es ist offensichtlich, dass sich die Werkzeugformen und damit auch die Querdämme der Varianten unterscheiden. Nachrollende Werkzeuge ragen hinter der Maschine hinaus. Sie haben in der Regel einen höheren Hubkraft- und einen geringen Zugkraftbedarf. Sie formen Querdämme in gleichmäßigen Abständen, die sich aus der Geometrie des Sternradhäufers ergeben. Die alternative Bauart mit einzeln (Bild 1, C) oder gemeinsam hydraulisch absenk-
baren Werkzeugen (Bild 1, D) kann dichter hinter der Legemaschine montiert werden und reduziert so den Hubkraftbedarf. Zudem ist es möglich, dass die Abstände der Querdämme variiert werden bzw., dass die Funktion vorübergehend (auf ebenen Teilflächen) vollständig abgeschaltet wird. Aufgrund der hydraulischen Komponenten ist der Investitionsaufwand jedoch höher als bei den rein mechanischen Varianten. Auf trockenen Standorten wird die dargestellte Technik auch als "Stausystem" zwischen den Dämmen für Beregnungswasser eingesetzt.

Weiterentwicklungen bei Legemaschinen

Bei internationaler Betrachtung haben angebaute (getragene) Legemaschinen mit 2 bzw. 4 Reihen nach wie vor die größte Verbreitung. Viele aufstrebende Länder setzen Traktoren bis max. 75 kW (100 PS) ein, für die entsprechende, "leichte" Maschinen mit einfacher Ausstattung und Bedienung zur Verfügung stehen. Daneben nimmt die Bedeutung gezogener Legemaschinen stetig zu. Durch das eigene Fahrwerk unter der Maschine bieten sie die Möglichkeit, zusätzliche Baugruppen, wie Reihendüngerstreuer, Fassanlagen für den chemischen Pflanzenschutz oder Bodenbearbeitungsgeräte zu integrieren [6].

Die präzise Applikation von Pflanzenschutzmitteln auf die Knolle und auf den Boden in der Furche unter Einhaltung gesetzlicher Vorgaben ist eine besondere maschinenbauliche Herausforderung. Inzwischen stehen erste, amtlich zugelassene Techniken zur Verfügung, mit denen sowohl eine geschwindigkeitsabhängige Dosierung als auch eine reihenspezifische Abschaltung am Vorgewende (so genanntes Section Control) möglich ist. **Bild 2** zeigt eine entsprechende Maschinenkombination aus Bodenbearbeitung und angehängter Legemaschine mit integrierter Pflanzenschutztechnik und nachfolgender Dammformung.

6-, 8- und 12-reihige Legemaschinen spielen auf dem europäischen Markt nach wie vor nur eine untergeordnete Rolle, weil für den Straßentransport Längsfahreinrichtungen und damit auch zusätzliche Rüstarbeiten nötig sind. Als Alternative stehen seit einigen Jahren 8-reihige Legemaschinen zur Verfügung, bei denen die beiden äußeren Legeelemente links und rechts einklappbar sind, um so die zulässige Straßentransportbreite einzuhalten. Nachteilig bei diesen Maschinen ist jedoch der erhebliche technische Aufwand für die Reihendüngung und ein vergleichsweise geringes Bunkervolumen, so dass häufiger Pflanzgut nachgefüllt werden muss [6].



Bild 2: Maschinenkombination aus Bodenbearbeitung und 4-reihiger Legemaschine mit einer Fassanlage für den chemischen Pflanzenschutz [2]

Figure 2: Combination of tillage and potato planter with integrated barrel system for chemical treatment [2]

Technik zur Ernte, Reinigung und Transport von Kartoffeln

Weiterentwicklung von Arbeitsverfahren zur Abtrennung von Kluten und Steinen

Im Vergleich zur Getreideernte, bei der ein Mähdrescher ein Korn : Stroh - Verhältnis von etwa 1:1 bewältigen muss, ist das Verhältnis von Kartoffeln zu störenden Beimengen (v.a. Kraut, Steine, Kluten, anhaftender Boden) deutlich weiter. Es liegt nach groben Schätzungen in einem Bereich von ca. 1:15 bis ca. 1:25 und kann bei kritischen Witterungsbedingungen im Herbst noch deutlich zu Ungunsten der Kartoffel verschoben sein. Die Abtrennung störender Beimengen, insbesondere von Kluten und Steinen, hat damit aus zweierlei Sicht eine besondere Bedeutung. Einerseits sind jedwede Beimengen für die Vermarktung der Ware unerwünscht. Andererseits hat der Zeitpunkt, zu dem Beimengen getrennt werden, einen Einfluss auf die Knollenqualität, da scharfkantige Störstoffe ein Risiko zur Beschädigung der Kartoffelschale darstellen und so die Lagerfähigkeit und Vermarktung beeinflussen können.

Die Ansätze zur Trennung störender Beimengen sind deshalb technisch und verfahrenstechnisch sehr unterschiedlich. Und wie eingangs beschrieben, kann nicht jedes Verfahren überall eingesetzt werden. **Bild 3** gibt einen systematischen Überblick zum "wann" und "wie" der derzeit eingesetzten Verfahren.

Seit Anfang der 70er Jahre werden Separierungsverfahren im Kartoffelbau eingesetzt. Sie haben ihren Ursprung in Schottland und werden seit den 90er Jahren auch in anderen Regionen Europas eingesetzt. Je nach klimatischen Rahmenbedingungen kann der Separierungsprozess bereits im Herbst (zur Nutzung der Frostgare) oder im Frühjahr unmittelbar vor dem Legen der Kartoffeln erfolgen. Die Verfahrenskette besteht aus einem Pflug, mit dem das Beet geformt wird, einem Separierer, der das geformte Beet aufnimmt, Kluten zerkleinert und Steine absiebt sowie einer speziellen Legemaschine, mit der anschließend die Kartoffeln

in die lose Erde gelegt werden. Obwohl bei diesem Vorgang aus dem gesiebten Beet einzelne Dämme geformt werden, wird der Anbau üblicherweise als Beetlegeverfahren bezeichnet.

Die Vorteile des Separierungsverfahrens sind in der Literatur beschrieben [9] und können wie folgt zusammengefasst werden: Gleichmäßigeres Wachstum der Knollen, ein erhöhter Anteil vermarktungsfähiger Ware, reduzierter Verschleiß bei der Erntemaschine, verringerter Personaleinsatz zum Verlesen von Beimengen auf dem Roder. Demgegenüber stehen zusätzliche Investitionskosten für die eingesetzte Technik. Diese zusätzlichen Kosten sind maßgeblich dafür, dass sich das Verfahren bisher nur beschränkt durchsetzen konnte.

Die Trennung von Kartoffeln, Kluten und Steinen erfolgt derzeit üblicherweise mechanisch, überwiegend während der Ernte. Nahezu alle Kartoffelerntemaschinen weisen als mechanische Trennprinzipien schwingende und rotierende Absiebmechanismen für Kluten auf. Die "klassische" Steintrennung in 1- und 2-reihigen Erntemaschinen erfolgt mit Hilfe eines (Gummi-) Igelbandes, über dem ein umlaufendes Bürstenband angeordnet ist. Die Trennung im Strömungsverfahren mit dem Medium Wasser wurde vor etwa 10 Jahren vorgestellt [5]. Sie konnte sich wegen der besonderen Risiken bei der Einlagerung der häufig noch feuchten Kartoffeln jedoch nicht durchsetzen.

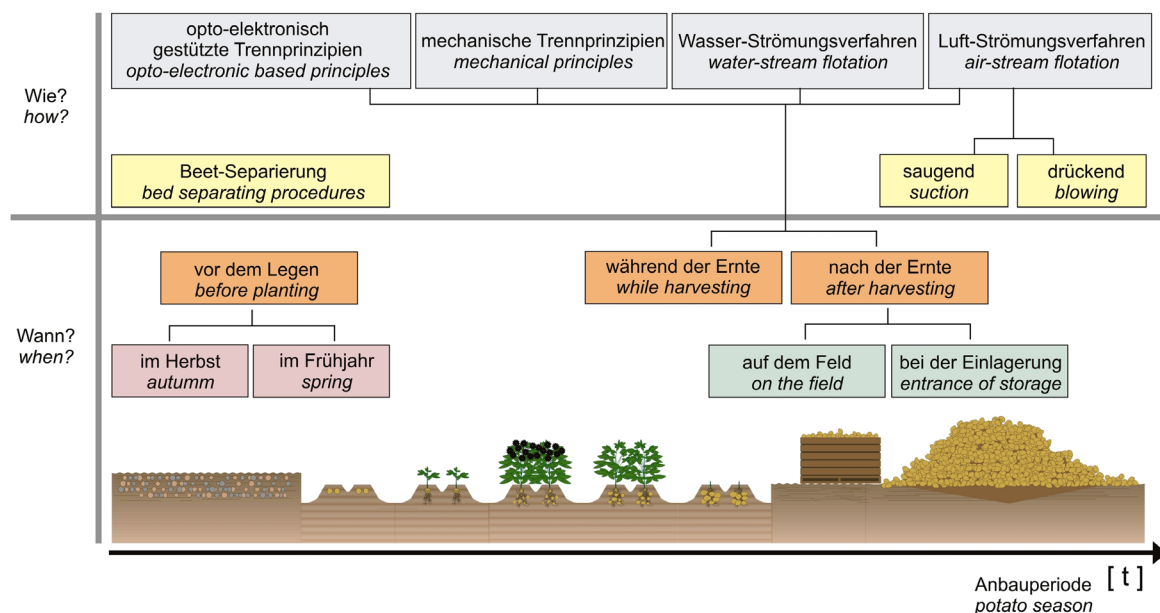


Bild 3: Systematische Einordnung der Technik und der Verfahren zur Reduzierung von störenden Beimengen, insbesondere Kluten und Steine, beim Anbau von Kartoffeln

Figure 3: Systematic approach to describe the available technology and procedures for the separation of cluds and stones in potato production

Die Trennung im Strömungsverfahren mit dem Medium Luft wurde bereits im letzten Beitrag dieser Reihe [4] beschrieben. Zwischenzeitlich wurde die Technik des so genannten "AirSep" weiterentwickelt und auch das Einsatzspektrum erweitert. Damit steht die beschriebene Technik sowohl für den mobilen Einsatz auf Erntemaschinen als auch im quasi-stationären Einsatz der Einlagerungstechnik am Feldrand / an der Lagerhalle zur Verfügung. **Bild 4** zeigt schematisch den Trennvorgang.

Zuführendes Siebband mit Kartoffeln und störenden Beimengen
incoming product from field with vines, trash and stones

Beimengenband
trash conveyor

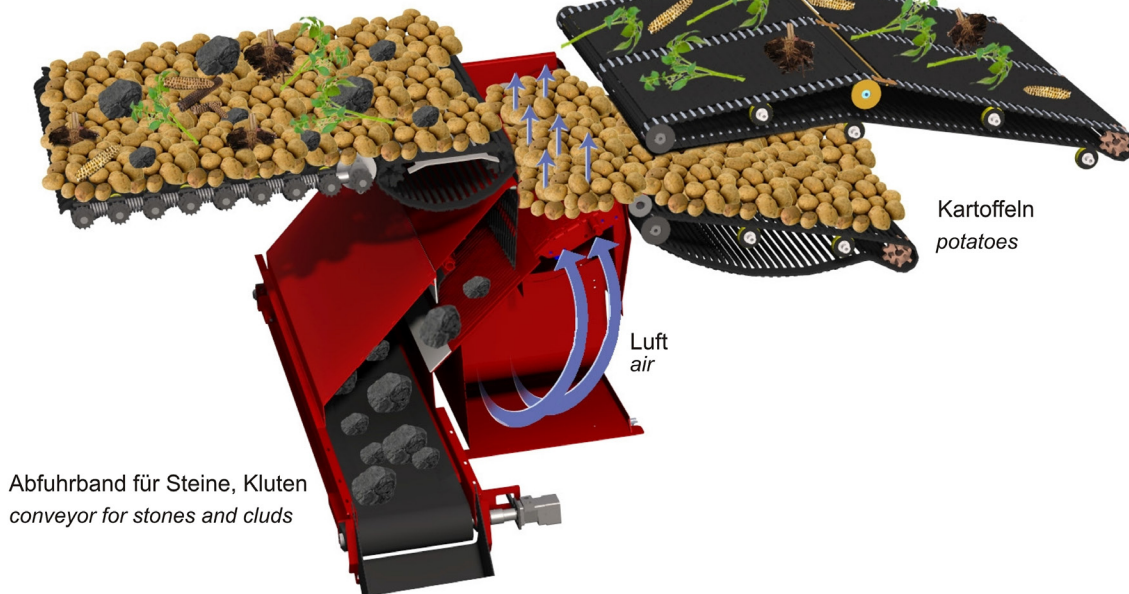


Bild 4: Funktionsprinzip des pneumatischen Trenngerätes "AirSep" (verändert nach [9])

Figure 4: Principle of the pneumatic separator "AirSep" (modified [9])

Der gemeinsame Produkt- und Beimengenstrom wird von links zugeführt und von unten mit Luft durchströmt. Auf einem oszillierenden, perforierten Förderboden werden die Kartoffeln im Luftstrom zum nachfolgenden Siebband im Bild 4 nach rechts "angehoben", während Steine und Kluten absinken und so abgetrennt werden. Ein nicht zu unterschätzender Nebeneffekt ist, dass leichtes Restkraut nach oben weggeblasen wird. Dies hat insbesondere in Getreide-Mais-Kartoffel-Fruchtfolgen erhebliche Vorteile, um unerwünschte Pflanzenreste (z.B. Maisstengel, Maisspindeln, siehe Bild 4 auf dem oberen rechten Siebband) abzutrennen. So wird sichergestellt, dass sie nicht versehentlich in die nachfolgende Verarbeitungskette (Pommes-Frites etc.) gelangen.

Die Hersteller von Kartoffelerntetechnik streben danach, Trenn- und Reinigungsaggregate modular kombinieren zu können, um regionalen Ansprüchen des Anbaus und der Vermarktung - bei gleichem Grundkonzept der Maschine - besser Rechnung tragen zu können. Es ist offensichtlich, dass die Wirkung der Trenngeräte von der "Wirkfläche" (z.B. Größe/Fläche des Siebbandes) und von der "Wirkintensität" abhängig ist. Letztere wird dabei maßgeblich vom eingesetzten Material (z.B. Stahl, Polyurethan, Gummi) und der Passage-Geschwindigkeit des Produktstroms beeinflusst. Bei allen derzeit üblichen, mechanischen Trenngeräten hat die Antriebsdrehzahl damit eine besondere Bedeutung.

Um den Ansprüchen an die Variabilität der Drehzahl gerecht zu werden, wurde erstmals in einer gezogenen Erntemaschine ein hydromechanisches Variogetriebe in das Antriebskonzept integriert [3]. Diese Getriebebauart, die bisher vor allem aus dem Traktorenbau bekannt ist, vereint die Vorteile mechanischer und hydraulischer Antriebskonzepte und verbessert so die Effizienz der Leistungsübertragung in der Maschine. **Bild 5** zeigt exemplarisch den Antriebsstrang eines gezogenen, 2-reihigen Kartoffelvollernters. Mit der neuen Getriebebauart

wird es erstmalig möglich, die Geschwindigkeit der Siebbänder bei mechanischem Basisantrieb stufenlos den jeweiligen Rodebedingungen anzupassen und bei Verstopfungen per Knopfdruck sogar zu reversieren.

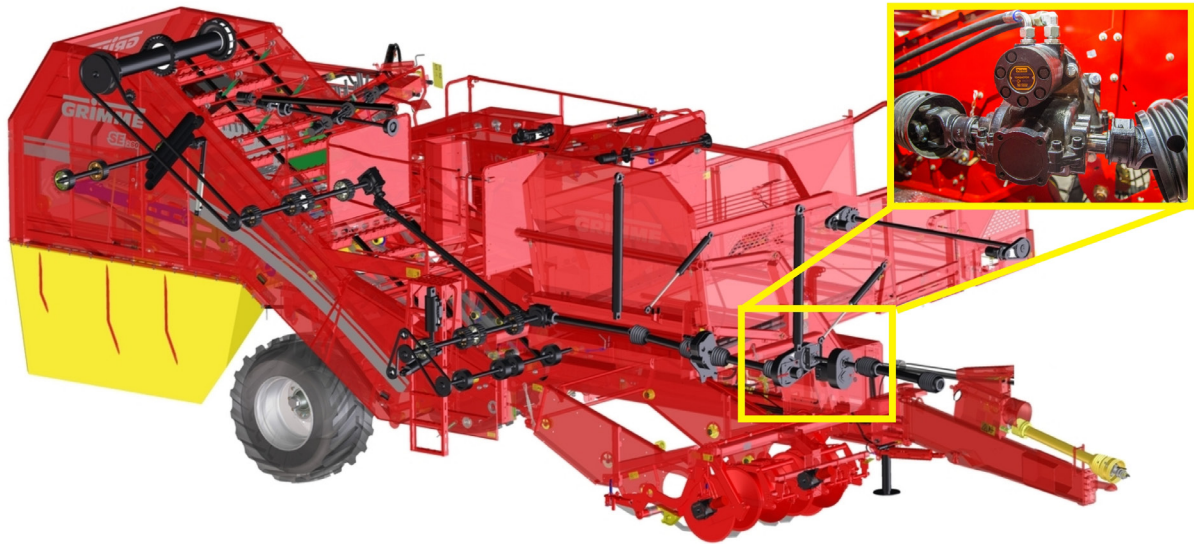


Bild 5: Schematische Darstellung des Antriebsstranges am Beispiel eines 2-reihigen Kartoffelvollernters, mit exemplarischen Einbauort des Variogetriebes [3]

Figure 5: Schematic view of the power-train of a trailed potato harvester [3]

Weiterentwicklungen bei Überladefahrzeugen mit zusätzlicher Reinigungseinrichtung

Entsprechend der einordnenden Übersicht in Bild 3, in der Trennverfahren vor dem Legen und bei der Ernte beschrieben wurden, soll nachfolgend auch auf jüngere Entwicklungen bei Überladefahrzeugen eingegangen werden.

Überladefahrzeuge steigern die Leistungsfähigkeit der Erntemaschine, indem sie die geerntete Ware während des Rodens aufnehmen, ohne dass die Erntemaschine dazu anhalten muss. In der Regel haben diese Transportfahrzeuge eine besonders bodenschonende Bereifung. Der Transport der Ware erfolgt bis zum Feldrand und wird dort auf ein weiteres Fahrzeug mit üblicher Straßenbereifung übergeben.

In den vergangenen Jahren wurden mehrfach neu entwickelte Überladewagen mit Technik für die zusätzliche Erdbereinigung vorgestellt. Maßgeblich für diese Entwicklung sind folgende Gründe:

- potentielle Steigerung der Ernteleistung, da zusätzliche Reinigungskapazität (nach dem Roden) generiert wird
- Reduzierung des Abtrags von fruchtbarem Boden
- Reduzierung der Transportkosten, da verfügbares Transportvolumen nicht für die Erde, sondern für die Kartoffeln genutzt wird
- monetäre Abzüge bei Anlieferung von stark verschmutzten Kartoffeln an die verarbeitende Industrie

Derzeit stehen am Markt verschiedene Bauarten von Überladenwagen zur Verfügung. So werden Fahrzeuge mit seitlicher Entladung oder mit Heck-Entladung angeboten.

Seitlich entladende Fahrzeuge sind sehr flexibel in verschiedenen Verfahrensketten mit Überladerodern und Bunkerrodern einsetzbar. Bei Überladerodern dienen sie als mobiler "Pufferbunker", der Non-Stopp auf ein weiteres Transportfahrzeug überlädt. In Kombination mit Bunkerrodern übernehmen sie direkt die Transportarbeit zum Feldrand.

Rückwärts entladende Überladefahrzeuge müssen dagegen zum Entleeren rückwärts rangiert werden und anhalten. Dieser zusätzliche Zeitaufwand schränkt den Einsatz in vielen Verfahrensketten ein. **Bild 6** zeigt exemplarisch 2 Beispiele für Überladefahrzeuge mit seitlicher (A) und rückwärtiger Überladetechnik (B) und unterschiedlichen, bodenschonenden Fahrwerken.

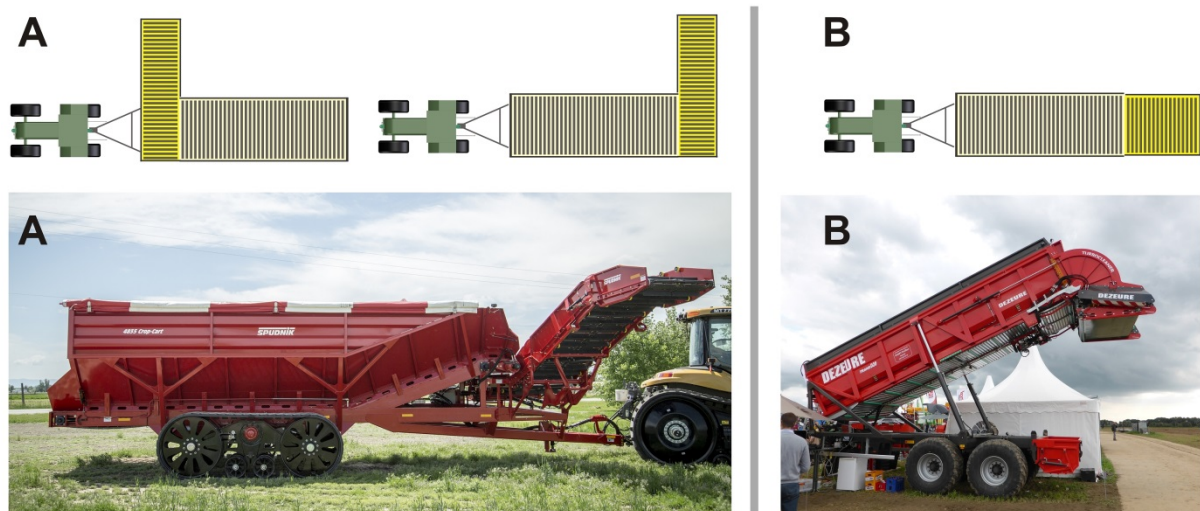


Bild 6: Vergleichende Darstellung von Überladewagen mit seitlicher Entladung vorn (A) bzw. hinten, sowie rückwärtiger Entladung (B)

Figure 6: Comparison of different types of transfer trailers with sidely discharge in the front (A), in the back or discharge at the rear side of the trailer (B)

Feldverladestationen

Eine technische Alternative zu den dargestellten Transportfahrzeugen stellen quasistationäre Aufbereitungsanlagen, so genannte Kartoffel-Feldverladestationen, dar. Im Vergleich zu den Transportfahrzeugen mit Reinigungseinheit sind sie für deutlich höhere Verladeleistungen konzipiert. Die Anlagen werden in der Regel elektrisch betrieben und benötigen deshalb ein mobiles Stromaggregat, das zusammen mit der Maschine am Feldrand aufgestellt wird. Am Eingang der Aufbereitungslinie steht üblicherweise ein groß dimensionierter Pufferbunker, in den die Überladefahrzeuge vom Acker zügig entladen. Danach erfolgt eine Aufbereitung der Rohware mit entsprechender Reinigung und gegebenenfalls auch mit zusätzlicher Kalibrierung. **Bild 7** zeigt schematisch den Aufbau einer solchen Anlage nach amerikanischer Bauart. In der Praxis wird diese Anlage um einen Pufferbunker an der Aufgabeseite (links) und ein Übergabeband zum Straßenfahrzeug (rechts) ergänzt.

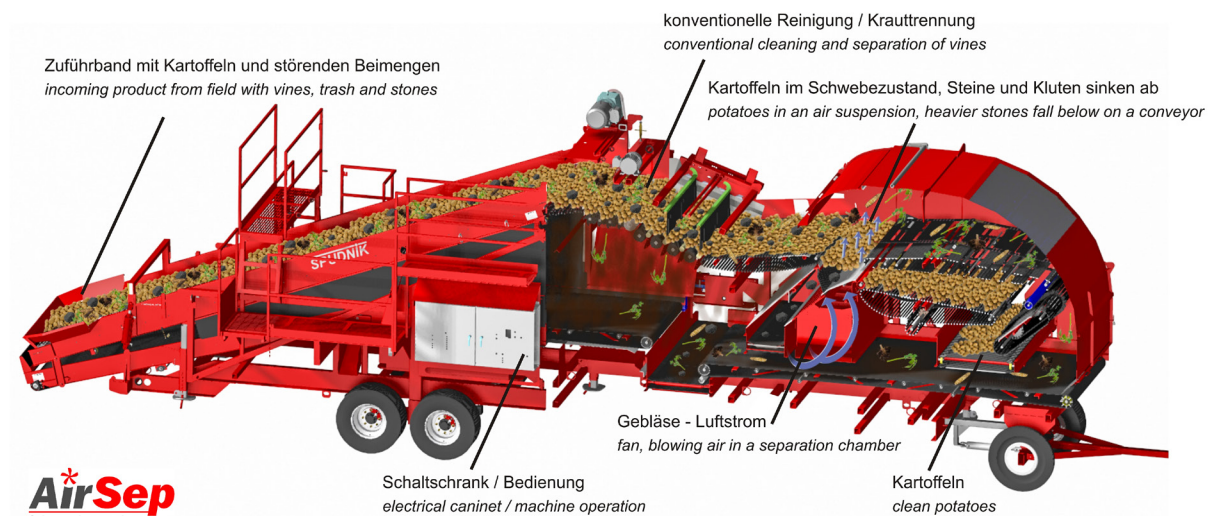


Bild 7: Schematische Darstellung einer quasi-stationären Aufbereitungsanlage amerikanischer Bauart mit integrierter Beimengentrennung nach dem Luft-Strömungs-Prinzip ("AirSep", blaue Pfeile) [8]

Figure 4: Schematic drawing of a mobile separator/eliminator, including an "AirSep" [8]

Elektronikeinsatz und "Big Data"

Moderne, leistungsstarke Kartoffeltechnik ist ohne den Einsatz von Elektronik nicht mehr vorstellbar. Im letzten Beitrag wurde bereits darauf eingegangen, wie die Sensorik der angebauten/angehängten Maschine dabei immer stärker mit den Regelmechanismen des Traktors vernetzt wird [4]. Exemplarisch wurden verschiedene funktionelle Anwendungen für effektives Traktor-Implement-Management (TIM) vom Legen der Kartoffeln bis zur Ernte vorgestellt. Die beschriebenen technischen Entwicklungen wurden im Berichtszeitraum weiterentwickelt, wobei vor allem sicherheitstechnische Aspekte der Kommunikation zwischen Traktor und Maschine im Vordergrund standen.

Die Praxis zeigt, dass vom Menschen gesteuerte Erntegespanne vorwiegend defensiv betrieben werden, um mögliche Verstopfungen der Trennorgane und damit Stillstandzeiten präventiv zu vermeiden. Elektronisch geregelte Gespanne werden zum "modularen Selbstfahrer". Sie nutzen die verfügbaren technischen Leistungsreserven besser aus und können so ohne großen Aufwand zu einer deutlichen Leistungssteigerung während der Erntesaison beitragen. Es ist zu erwarten, dass mit der Weiterentwicklung elektronisch geregelter, stufenloser Antriebssysteme (vgl. VarioDrive) ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung Ernteleistung bei gleichzeitiger Produktschonung realisiert werden kann.

Big Data in der Kartoffelproduktion

Der Begriff "Big Data" wird allgemein mit einer eher unstrukturierten Datenflut assoziiert. Für den weltweiten Anbau von Kartoffeln ist Big Data eine technische Herausforderung mit vielen Chancen, wenn es gelingt, die verfügbaren Daten besser zu analysieren. Schon heute erwartet die verarbeitende Industrie eine gute Dokumentation der gesamten Produktionskette. Diese wird derzeit in der Regel mit einem hohen personellen Aufwand realisiert. Praxisstu-

dien zeigen, dass auf vielen Ebenen bereits technische Lösungen für eine automatisierte Datenerfassung zur Verfügung stehen [4]. Die erhobenen Daten zukünftig stärker gezielt zu vernetzten und dabei dem Datenschutz Rechnung zu tragen, wird eine zentrale Herausforderung. Für den Kartoffelanbau fehlt es außerdem noch an Softwarelösungen, die eine langfristige Analyse ermöglichen, die sich nicht nur auf eine Vegetationsperiode, sondern auf mindestens eine komplette Fruchtfolge beziehen. Dabei ist hierbei zu beachten, dass der Anbau von Kartoffeln häufig auch auf Pacht- und Tauschflächen erfolgt, so dass dem Anbauer häufig nur lückenhafte Daten zur Verfügung stehen.

Zusammenfassung

Von den zahlreichen Neu- und Weiterentwicklungen im Bereich der Kartoffeltechnik geht der vorliegende Beitrag zunächst besonders auf die erosionsmindernden Maßnahmen beim Legen von Kartoffeln ein. Danach werden kombinierte Arbeitsverfahren beim Legen von Kartoffeln erörtert wobei die Applikationstechnik für Pflanzenschutzmittel im Mittelpunkt steht. Nachfolgend werden technische und verfahrenstechnische Alternativen zur Reduzierung störender Beimengen vorgestellt. Dabei wird ein Schwerpunkt auf das neu entwickelte AirSep und seine Anwendungsbereiche bei und nach der Ernte gelegt. Abschließend geht der Beitrag kurz auf Weiterentwicklungen im Bereich der Elektronik ein und leitet notwendige Konsequenzen für ein überbetriebliches Datennutzungsmodell in der Produktionskette des Kartoffelanbaus ab.

Literatur

- [1] Diouf, J. [2008]: International year of the potato 2008. New light on a hidden treasure. An end-of-year review, FAO, Rome 2008.
(URL <http://www.fao.org/potato-2008/pdf/IYPbook-en.pdf>)
- [2] Grimme [2015] Pressemitteilung zu Fassanlagen für Kartoffellegemenschinen. URL <http://www.grimme.com/de/news/beizen-von-kartoffeln-erste-anlage-mit-zulassung.152.html> - Aktualisierungsdatum: September 2015.
- [3] Grimme [2015] Pressemitteilung zum VarioDrive Antriebskonzept. URL <http://www.grimme.com/de/news/neuheit-mit-variodrive-stufenlos-roden.265.html> - Aktualisierungsdatum: September 2015.
- [4] Klindtworth, M. und Sonnen, J. [2013]: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-8.
- [5] Nitsch, A. [2006]: ROWADEST - Ein neues Ernteverfahren für Kartoffeln. In: Landpost, Ausgabe 09.12.2006, S. 48.
(URL http://www.lksh.de/fileadmin/user_upload/Presse/BB_4906_09.12.2006/48-48_Nitsch1.pdf)
- [6] Peters, R. [2015]: Trends bei der Kartoffeltechnik. In: Kartoffelbau Heft 11/2015 (66. Jg), S. 8-11.
- [7] Sonnen, J. und Klindtworth, M. [2014]: Assistenzsysteme in der Kartoffelproduktion. In: Kartoffelbau Heft 1&2 / 2014 (65 Jg.), S. 52 – 56.
- [8] Spudnik [2015]: Produktinformationen zum 991 AirSep Eliminator. URL <http://www.spudnik.com/products.php> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016
- [9] Wulf, B. [2005]: Beetseparierung im Kartoffelbau. KTBL-Schrift 434. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Darmstadt. ISBN 3-7843-2181-X.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Klindtworth, Michael: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. – S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055125>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/253.html>

Technik in der Rinderhaltung

Georg Wendl,

Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Kurzfassung

Der Trend zur Automatisierung und zur sensorgestützten Tierüberwachung hält in der Milchviehhaltung weiter an. In Europa sind Melkroboter bisher am weitesten verbreitet, wobei hauptsächlich Einboxen-Anlagen eingesetzt werden. Automatische Fütterungssysteme befinden sich erst in der Markteinführungsphase. Mit neueren Aktivitätssensoren lässt sich das Aktivitätsverhalten auch in die einzelnen Teilaktivitäten Liegen, Gehen und Stehen aufschlüsseln. In Verbindung mit Fress-/Wiederkausensoren eröffnet sich damit eine umfassendere Tierüberwachung und eine bessere Erkennung von Brunst- und Abkalbevorgängen sowie von Krankheiten. Indoor-Ortungssysteme, von denen die ersten in Praxisbetrieben installiert sind, zielen in die gleiche Richtung.

Schlüsselwörter

Milchvieh, Fütterung, Melken, Sensoren, Tierüberwachung, Automatisierung

Machinery and Techniques for Cattle Husbandry

Georg Wendl,

Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Bavarian State Research Center for Agriculture

Abstract

The trend of automation and sensor-based animal monitoring is continuing in dairy farming. In Europe, milking robots are common so far, mainly as single box systems. Automatic feeding systems are just in the market introduction phase. Using novel activity sensors, the activity behavior can be classified in the sub-activities lying, walking and standing. In combination with feeding/ruminating sensors a more comprehensive animal surveillance and also a better detection of estrus, calving and diseases is possible. Indoor positioning systems, the first are installed in practical farms, are aimed at the same direction.

Keywords

Dairy cow, feeding, milking, sensors, animal monitoring, automation

Allgemeine Rahmenbedingungen

Die Rinderhaltung hat für die Landwirtschaft eine enorme wirtschaftliche Bedeutung. Mehr als 50 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland halten Rinder (etwa die Hälfte davon Milchkühe) und etwa 35 % der Verkaufserlöse der Landwirtschaft werden über den Verkauf von Milch, Rindern und Kälbern erzielt. Auch ein großer Teil unserer Kulturlandschaft kann nur mit Wiederkäuern genutzt werden [1]. Trotz dieser Bedeutung und trotz der großen Fortschritte in den letzten Jahrzehnten im Bereich der Wettbewerbsfähigkeit, der Ressourceneffizienz und der Produktqualität steht die moderne Tierhaltung zunehmend in der gesellschaftlichen Diskussion und wird von mehr oder weniger großen Teilen der Bevölkerung kritisch bis ablehnend gesehen. Daher hat der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBA) diese Thematik aufgegriffen und sein viel beachtetes Gutachten „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung“ verfasst [2]. Eine Kernaussage des Gutachtens ist, dass die derzeitigen Haltungsbedingungen für einen Großteil der Nutztiere nicht zukunftsfähig sind. Daher hat der WBA neun Leitlinien für mehr Tierwohl und Empfehlungen für eine zukunftsfähige Tierhaltung entwickelt. Wenngleich die Milchviehhaltung im Vergleich zur Schweinehaltung nicht zentral in der allgemeinen Kritik steht, so sind auch hier Maßnahmen zu mehr Tierwohl zu ergreifen.

In der öffentlichen Tierwohl-Diskussion wird mit dem Begriff „Massentierhaltung“ die Rolle der Betriebsgröße stark herausgestellt. Die Betriebsgröße hat allerdings nach derzeitigem Kenntnisstand gegenüber anderen Einflussfaktoren (z. B. Managementqualität) einen vergleichsweise geringen Einfluss auf das Tierwohl [2; 3]. Der Einfluss der Bewirtschaftungsform (konventionell oder ökologisch) auf das Tierwohl wird womöglich überschätzt. So wurden in einer Erhebung an 115 ökologisch und konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben zwischen den einzelnen Betrieben zwar große Unterschiede festgestellt, es konnte aber bei Betrachtung von 10 tierbezogenen Tierwohl-Indikatoren keine Bewirtschaftungsform als klar überlegen bezeichnet werden [4].

Die Themen "Tierwohl", "Nachhaltigkeit" und "gesellschaftliche Akzeptanz" sind zukünftig bei der Weiterentwicklung der Haltungstechnik stärker in den Fokus zu rücken. Eine zentrale Herausforderung besteht allerdings darin, dabei die wirtschaftliche Realität nicht zu übersehen.

Melktechnik

Nachdem Kraftfutter- und Tränkeautomaten in der Milchviehhaltung seit langem Stand der Technik sind, hat das automatische Melken inzwischen auch einen beachtlichen Verbreitungsgrad erreicht. Nach einer Marktübersicht der International Federation of Robotics sind Melkroboter im Bereich Servicerobotik in der weltweiten Verkaufsstatistik nach militärischen Roboteranwendungen an zweiter Position (Verkaufszahlen 2014: Gesamtmarkt 24.207, Militäranwendungen 11.000, Melkroboter 5.180, im Vergleich dazu verkaufte Industrieroboter 229.261) [5]. Weltweit nutzen derzeit mehr als 25.000 Betriebe Melkroboter. In Skandinavien haben sich Melkroboter in den Milchviehbetrieben bisher am stärksten durchgesetzt. So mel-

ken in Dänemark und Schweden fast schon 25 % der Milcherzeuger mit einem Roboter, in den Niederlanden liegt die Quote bei knapp 20 %, in Deutschland bei etwa 7 %. In Übersee hat der Melkroboter bisher hauptsächlich in Kanada (ca. 5 %) Fuß fassen können [6]. In absoluten Zahlen sind die meisten Melkroboter in Deutschland und in den Niederlanden zu finden.

Die Technik des automatischen Melkens wird ständig weiter entwickelt. Drei nennenswerte Neu-/Weiterentwicklungen werden nachfolgend kurz vorgestellt. Für einen besseren Tierzugang und flexiblere Einbaumöglichkeiten im Stall hat die Firma Fullwood eine neue Version ihres bisherigen Einboxen-Melkroboter auf den Markt gebracht, der optional einen geraden und seitlichen Ein- und Austritt hat und der beim Roboterarm anstelle der druckluftbetriebenen Motoren effizientere Elektroantriebe verwendet (**Bild 1**). Außerdem hat Fullwood ein neues Konzept für ein automatisches Melkzentrum vorgestellt, bei dem mehrere Einboxen-Melkroboter im Halbkreis nebeneinander angeordnet sind und in Verbindung mit einem kreisförmigen Vorwartehof automatisch gemolken wird [7]. Die Firma GEA hat einen neuen Einboxen-Melkroboter (System Monobox) angekündigt, der über das vom automatischen GEA-Melkkarussell bereits bekannte autonome Ansetzmodul DairyProQ verfügt [8]. Die Firma DeLaval bietet ihr vollautomatisches Melkkarussell nun auch in einer Aufrüstversion an, so dass zuerst das Karussell mit 24 viertelindividuellen Melkplätzen manuell betrieben und später zum vollautomatischen Karussell aufgerüstet werden kann [9]. Seit der Vorstellung dieses automatischen Melkkarussells im Jahr 2010 sind nunmehr 11 Anlagen weltweit in Betrieb. Mit Umstellung der Zitzenlokalisierung auf eine TOF-Kamera konnte die Ansetzrate der Melkbecher auf mehr als 95 % gesteigert werden [10].

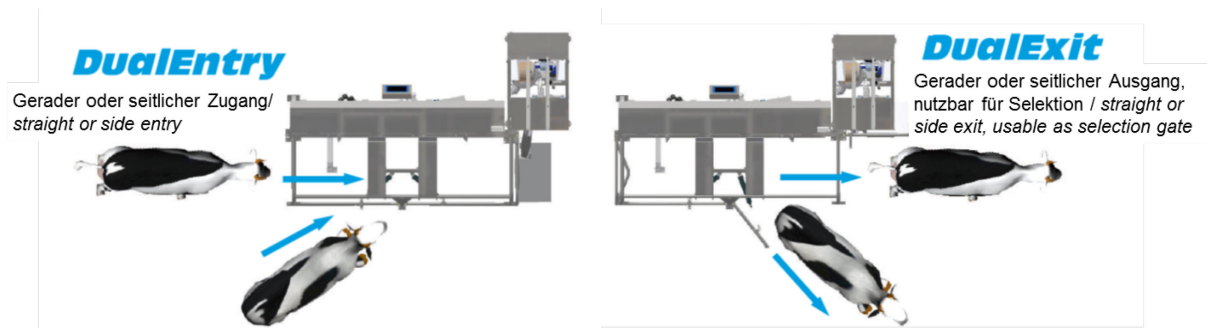


Bild 1: Flexibler Ein- und Austritt beim neuen Einboxen-Melkroboter von Fullwood [11]

Figure 1: Flexible entry and exit of new single box milking robot from Fullwood [11]

Auch Standardkomponenten einer Melkanlage wie z. B. Zitzengummi und Melkbecher werden weiterentwickelt. Beide Komponenten sind entscheidende Bauteile einer Melkanlage und haben großen Einfluss auf die Eutergesundheit. Ein neu entwickelter Zitzengummi mit konkav geformten Schaft und variierenden Wandstärken wurde in einem Milchviehbetrieb mit ca. 400 Kühen in einem Halbeuterversuch untersucht. Es zeigten sich gegenüber konventionellen Zitzengummis positive Auswirkungen auf die Zitzenkondition (Rauigkeit der Hyperkeratosen, Anteil blauer Zitzen) und die Eutergesundheit (tendenziell niedrigerer mittlerer somatischer Zellgehalt der Milch und geringerer Anteil Zitzen mit somatischem Zellgehalt > 100.000 Zellen/ml Milch) [12]. Als Weiterentwicklung des konventionellen Zweiraummelkbe-

chers wurde ein Prototyp mit einer Funktionstrennung für Melken und Halten des Zitzenbeckers vorgestellt, der zeitweise ohne Melkvakuum am Euter haftet. In Laborversuchen konnte die Haltefunktion des neuen Melkbeckers unabhängig vom Melkvakuum bereits erreicht werden, für die praktische Umsetzung im Feld sind jedoch noch Optimierungen erforderlich [13].

Fütterungstechnik

Ein weiterer Schritt in Richtung Automatisierung der Milchviehhaltung ist die automatische Fütterung. Weltweit sind in der Zwischenzeit über 1.250 automatische Fütterungssysteme in den unterschiedlichsten Ausführungen installiert, in Deutschland über 200. In den letzten zwei Jahren haben sich die installierten Stückzahlen in etwa verdoppelt (**Bild 2**). Im Vergleich zum Marktvolumen der Standardmechanisierung, dem Futtermischwagen, dessen Verkaufszahlen in 2015 bei etwa 2.000 Stück lagen, ist der Verbreitungsgrad zwar noch gering, aber das Interesse an dieser neuen Technik nimmt zu [14]. Derartige Systeme tragen nicht nur zur Arbeitserleichterung, -flexibilisierung und -reduzierung bei, sondern verursachen auch geringere Energiekosten. Messungen in Praxisbetrieben ergaben, dass im Vergleich zu einer Fütterung mit einem gezogenen Futtermischwagen die Energiekosten (Strom- und Dieselskosten) bei der automatischen Fütterung um z. T. mehr als 50 % gesenkt werden konnten (Einsparpotenzial von 15 – 50 €/GV und Jahr) [15].

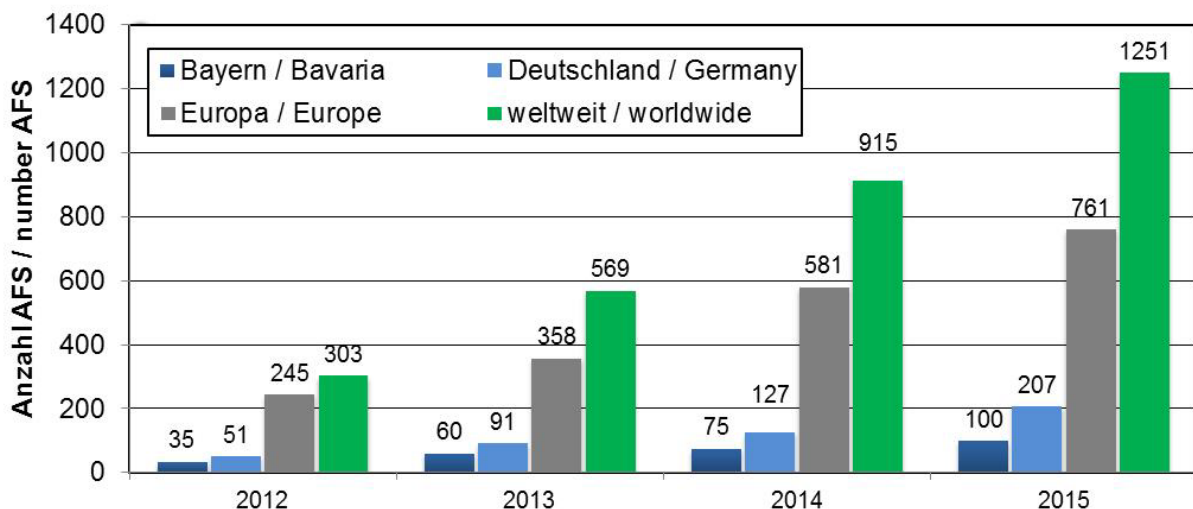


Bild 2: Verbreitung von automatischen Fütterungssystemen [16]

Figure 2: Dissemination of automatic feeding systems [16]

Als Weiterentwicklung zum klassischen Selbstfahrer-Futtermischwagen wurde auf der Ausstellung EuroTier 2014 ein Prototyp eines teil-autonomen Futtermischwagens präsentiert, der mehrmals täglich das Futter autonom verteilen kann. In weiteren Entwicklungsschritten müssen die Arbeitssicherheit, die Routengenauigkeit und die Genauigkeit des Futteraustrages verbessert werden [17].

Sensorgestützte Überwachung des Tierverhaltens und der Tiergesundheit

Die individuelle Tierüberwachung mit sensitiven, validen, robusten, zuverlässigen und kostengünstigen Sensoren eröffnet neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Tiergesundheit sowie des Tierwohls und ist Voraussetzung für eine umfassende Realisierung von Precision Dairy Farming. Über die Marktdurchdringung der einzelnen Sensorsysteme liegen bisher kaum Erhebungen vor. Nur aus den Niederlanden sind aktuelle Zahlen aus einer Befragung verfügbar. Danach hatten ca. 60 % der 512 befragten Milchviehbetriebe keine Sensorsysteme, diese hatten mit 90 Kühen auch eine kleinere Bestandsgröße. Melkroboterbetriebe (24 % aller Betriebe) und Betriebe mit konventionellen Melksystemen und Sensorsystemen (16 % aller Betriebe) hielten mehr Kühe, nämlich 104 bzw. 123 Kühe. Die Melkroboterbetriebe verfügten standardmäßig über Sensoren zur Mastitiserkennung, 40 % davon auch über Aktivitätssensoren. Etwa 20 % aller Betriebe hatten Aktivitätssensoren installiert und nur 5 % Wiederkausensoren. Täglich bzw. regelmäßig werden die Sensoren zur Überwachung der Eutergesundheit sowie die Aktivitäts- und Wiederkausensoren von den Landwirten genutzt, die anderen weniger häufig [18].

Aktivitätssensoren

Seit vielen Jahren werden Aktivitätssensoren zur automatischen Brunsterkennung eingesetzt. Nach verschiedenen Studien können damit zwischen 36 und 78 % der tatsächlichen Brunstvorgänge sensorgestützt detektiert werden, während mit einer visuellen Beobachtung nur 20 bis 59 % der Brunstvorgänge erkannt werden [19]. Neuere Systeme zur Aktivitätsmessung verwenden 3D-Beschleunigungssensoren, womit das Aktivitätsverhalten in die einzelnen Teil-Aktivitäten (Liegen, Stehen, Gehen) aufgeschlüsselt werden kann. Zur Optimierung der Aussagekraft wurde für den Pedometer RumiWatch der Firma ITIN+HOCH (Schweiz) ein neuer Algorithmus entwickelt, der gegenüber dem Goldstandard (Videobeobachtung) eine sehr hohe Übereinstimmung bei der ermittelten Liege-, Steh- und Gehzeit sowie bei der ermittelten Schrittzahl als auch bei der ermittelten Anzahl der Liege-, Steh- und Gehphasen erzielt hat. Inwieweit eine noch detaillierte Auswertung des Gehverhaltens auch eine Früherkennung von Lahmheiten gewährleisten kann, muss noch erarbeitet werden [20].

Sensoren für Fressverhalten und Wiederkauaktivität

Für eine optimale Überwachung der Fütterung ist die Kenntnis der täglichen Futteraufnahme des Einzeltiers wünschenswert, allerdings ist dessen automatische Registrierung für Praxisbetriebe ökonomisch nicht darstellbar. Deshalb werden vermehrt Sensoren entwickelt, die das Fressverhalten und/oder die Wiederkaudauer erfassen können. Eine Überprüfung des seit 2013 verfügbaren Systems der Firma Nedap (Smarttag Neck) ergab, dass die Sensordaten für das Fressen auf der Weide und im Stall mit den 10-Minuten-Beobachtungsdaten gut übereinstimmen (Korrelation bei 98 % bzw. 84 %). Somit eröffnet der Sensor eine gute Möglichkeit, die Fresszeit im Stall und auf der Weide für die Einzelkuh und für die Herde kontinuierlich zu überwachen [21].

Mit der Verfügbarkeit von kommerziellen Wiederkausensoren rückt die Überwachung der Wiederkautätigkeit stärker in den Vordergrund. Einigkeit herrscht darüber, dass die Höhe der

Wiederkaudauer keinen Schluss auf die tatsächliche Futteraufnahme zulässt [22]. Wiederkausensoren liefern nur bei Stallhaltung, nicht aber bei Weidehaltung, zuverlässige Daten [23]. Obwohl die Wiederkauzeiten zwischen den Tieren und den Betrieben beträchtlich schwanken, ist das Wiederkauverhalten bei Stallhaltung für die Früherkennung von Krankheiten und für die Überwachung des Brunst- und Abkalbgeschehens ein sehr wertvoller Parameter [23 bis 25]. Nach Untersuchungen, die die Wiederkaudauer von Kühen im Zeitraum von einigen Tagen vor bis etwa 30 Tage nach der Kalbung ausgewertet haben, lag die Wiederkauzeit von Kühen, die nach der Kalbung erkrankten, niedriger als bei gesunden Kühen. Besonders deutlich war der Rückgang bei Stoffwechselerkrankungen. Kühe mit Gebärmutterentzündungen zeigten nur eine geringe Abnahme der Wiederkaudauer, während sich diese bei Kühen mit Mastitis nicht verändert hat [26 bis 28]. Auch während der Brunst zeigten die Kühe eine deutliche Reduzierung der Wiederkauzeiten, wobei der Hauptrückgang zwischen 6:00 am Tag vor der Besamung bis 12:00 am Tag der Besamung aufgetreten ist [29]. Weitere Untersuchungen zur Veränderung der Wiederkauzeit während der Kalbung und Brunst sind im Jahrbuch Agrartechnik 2014 zu finden [30]. Festzuhalten ist, dass nicht die absolute Höhe der Wiederkauzeit, sondern die Veränderung der Wiederkauzeit von Tag zu Tag wichtige Hinweise für die Tierüberwachung liefert. Als Schwellenwert für die tägliche Abweichung bei der Wiederkaudauer wird ein Wert von > 30 bis 50 min/Tag empfohlen [31].

Sensoren zur Lahmheitserkennung

Trotz verschiedenster Anstrengungen zur automatischen Erkennung von Lahmheiten sind bisher kaum kommerzielle Systeme in Praxisbetrieben zu finden [32]. Allerdings können Veränderungen im Fressverhalten schon frühzeitig wertvolle Hinweise auf eine zunehmende Lahmheit geben. So zeigten Untersuchungen, dass die Zahl der Futtertischbesuche und die Fresszeit auch dann schon abgenommen haben, wenn eine Lahmheit visuell noch nicht festgestellt wurde [33; 34]. Auch das Liegeverhalten von lahmen Kühen ändert sich in der Weise, dass diese längere Liegezeiten mit weniger, dafür aber längeren Liegephasen aufweisen [35]. Um robuste und zuverlässige Erkennungssysteme erstellen zu können, reicht sicherlich ein Tierparameter nicht aus, vielmehr müssen mehrere Parameter miteinander verknüpft werden [34].

Indoor-Ortungssysteme

In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Herstellern Indoor-Ortungssysteme für die Tierüberwachung am Markt eingeführt. Verschiedene Studien und Praxiserfahrungen belegen, dass je nach System und Stallbedingungen Lokalisierungsgenauigkeiten zwischen 0,3 - 2,0 m erreicht werden, dass mit derartigen Systemen die Tiersuche im Stall deutlich erleichtert wird und dadurch bei Herdengrößen von 130 bis 200 Kühen etwa 10 bis 45 min Arbeitszeit pro Tag eingespart werden kann, dass das Bewegungsprofil der Kühe im Stall bestimmt werden kann und dass die Verhaltensaktivitäten nach der Anwesenheit der Kühe in den einzelnen Funktionsbereichen (Liegen, Fressen, Laufen, Stehen) zugeordnet werden können. Eine Analyse der Tierverhaltensparameter ermöglicht auch detailliertere Aussagen zur Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung. Dazu sind aber noch weitere Optimierungen und entsprechende Auswertelgorithmen notwendig [36 bis 42].

Auswirkungen der sensorgestützten Tierüberwachung

Viele wissenschaftliche Untersuchungen zeigen den Nutzen einer sensorgestützten Tierüberwachung. Die Fragestellung, ob der Einsatz von Sensoren auch in praktischen Betrieben einen erkennbaren Nutzen bewirkt, wurde in einer neueren Erhebung an ca. 400 niederländischen Betrieben mit automatischen oder konventionellen Melksystemen untersucht. Der Einsatz von Sensoren zur Mastitiserkennung hat nur bei Betrieben mit konventioneller Melktechnik eine leichte Reduzierung der somatischen Zellzahlen um 10.000 Zellen/ml Milch bewirkt, bei Betrieben mit automatischen Melksystemen ist der Zellgehalt nach Installation sogar leicht um etwa 10.000 Zellen/ml Milch angestiegen. Der Einsatz von Brunsterkennungssystemen hatte keinen Einfluss auf die Reproduktionsleistung. Als wesentlichen Grund für die Anschaffung von Sensorsystemen nannten die Betriebe die Arbeitserleichterung [43].

Die Analyse von Buchführungsdaten dieser Betriebe zeigte keine Veränderung in der Produktivität. Daraus schließen die Autoren, dass der mögliche technologische Fortschritt, der von den Herstellern in Anspruch genommen wird, in der Praxis nicht ankommt. Daher sollten den Landwirten für eine bessere Nutzung der technischen Möglichkeiten mehr Informationen und Hilfen bei der Interpretation der Ergebnisse zur Verfügung gestellt werden [44]. In diesem Zusammenhang ist auch festzuhalten, dass zu oft neue Technologien ohne ausreichende Erprobung, Validierung und Schulung auf den Markt gebracht werden [6].

Zusammenfassung

Die öffentliche Diskussion um die Tierhaltung wird dazu führen, dass Tierwohl- und Nachhaltigkeitsaspekte bei der Weiterentwicklung der Haltungstechnik noch stärker berücksichtigt werden. Der allgemeine Trend zur Automatisierung und zur "präzisen" Milchviehhaltung setzt sich weiter fort. Melkroboter, in der überwiegenden Mehrheit sogenannte Einboxen-Anlagen, sind weltweit schon wesentlich stärker verbreitet als automatische Fütterungssysteme, die sich noch eher in der Markteinführungsphase befinden (Melkroboter > 25.000 Betriebe, automatische Fütterung > 1.250 Betriebe). Neuere Sensoren für die Brunsterkennung verwenden 3D-Beschleunigungssensoren, die eine noch bessere Tierüberwachung ermöglichen. Bei der Überwachung der Fütterung stehen derzeit Wiederkausensoren im Vordergrund. Der Parameter Wiederkautätigkeit kann nicht nur für die Erkennung von Stoffwechselproblemen, sondern auch für die Erkennung einer anstehenden Brunst oder Kalbung verwendet werden. Eine sensorgestützte Erkennung von Lahmheiten für Praxisbetriebe lässt weiter auf sich warten. Eingang gefunden in die ersten Praxisbetriebe haben bereits Indoor-Ortungssysteme. In der Praxis ist aber festzustellen, dass die technischen Möglichkeiten der Tierüberwachung noch nicht voll ausgenutzt werden.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2014. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 58. Jahrgang.
- [2] Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten, Bonn, März 2015, URL http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/AgrVeroeffentlichungen.html - Aktualisierungsdatum: 04.12.2015.
- [3] Gieseke, D.; Lambertz, Ch. und Gauly, M.: Untersuchungen zum Einfluss der Bestandsgröße auf tierbezogenen Verhaltensindikatoren bei Milchkühen. In: KTBL-Schrift 510 "Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2015", S. 264 - 266. Hrsg.: KTBL, Darmstadt.
- [4] Brinkmann, J.; March, S.; Wagner, K.; Renziehausen, D.; Starosta, D.; Osterbuhr, M. und Bergschmidt, A.: Indikatoren für eine ergebnisorientierte Honorierung von Tierschutzleistungen in der praktischen Milchviehhaltung. In: Tagungsband zur Tierwohl-Tagung "Tierhaltung im Spannungsfeld von Tierwohl, Ökonomie und Gesellschaft", 07.- 08. Oktober 2015, Göttingen, S. 30 - 33. URL [https://www.uni-goettingen.de/de/tagu98 \(2015\)ngsband/524868.html](https://www.uni-goettingen.de/de/tagu98%20(2015)ngsband/524868.html) - Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [5] International Federation of Robotics (IFR): World robotics 2015 - Executive Summary. URL http://www.worldrobotics.org/uploads/tx_zeifr/Executive_Summary__WR_2015.pdf. - Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [6] Barkema, H. W.; von Keyserlingk, M. A. G.; Kastelic, J. P.; Lam, T. J. G. M.; Luby, C. and Roy, J.: Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. Journal of Dairy Science 98 (2015) No. 11, pp: 7426 - 7445.
- [7] Zäh, M.: Vom Lehrling zum Meister - Neuvorstellung: Lemmer-Fullwood Merlin 2. profi 27 (2015) H. 4, S. 68 - 71.
- [8] N.N.: GEA präsentiert neuen Einboxen-Melkroboter. URL <http://www.elite-magazin.de/produktinfo/GEA-praesentiert-neuen-Einboxen-Melkroboter-2024635.html> – Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [9] N.N.: DeLaval AMR™: In zwei Schritten zum vollautomatischen Melken im Karussell. Presseinformation Juni 2015. URL http://www.delaval.de/ImageVaultFiles/id_25487/cf_5/DeLaval_AMR.PDF – Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [10] Wiedemann, M.; Melfsen, A.; Füllner, B. und Scholz, H.: Einsatz des vollautomatischen Melkkarussells AMR™ in der Praxis: Erfahrungen und Untersuchungen in der Umstellungszeit. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 288 - 293. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.

- [11] N.N.: Lemmer-Fullwood Prospekt: M²erlin - die neue Generation. URL http://www.lemmer-fullwood.info/fileadmin/user_upload/flyer/Melkroboter/Prospekt_Merlin_2014_www.pdf – Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [12] Haeusermann, A.; Pahl, Ch. und Hartung, E.: Auswirkungen eines Sitzgummis mit neuartiger Schaftform auf Merkmale der Zitzenkondition und der Eutergesundheit. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 246 - 251. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [13] Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Luhdo, T. und Brunsch, R.: Entwicklung eines neuen Melkbeckers für sanftes Melken. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 252 - 257. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [14] Rath-Kampe, J.: Komfortabel und robust - Trends beim Futter Mischen und Verteilen. Agrartechnik (2015) H. 10, S. 38 - 45.
- [15] Oberschätzl, R.; Haidn, B.; Neiber, J. und Neser, S.: Energieverbrauch automatischer Fütterungssysteme in Praxisbetrieben. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 116 - 121. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [16] Oberschätzl, R. und Haidn, B.: Verbreitung von automatischen Fütterungssystemen - Umfrage bei Hersteller. Interne Datensammlung, Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft 2015.
- [17] Adeili, S.; Haidn, B. und Robert, M.: Entwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 218 - 223. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [18] Steeneveld, W. and Hogeveen, H.: Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. Journal of Dairy Science 98 (2015) No. 1, pp: 709 - 717.
- [19] Roelofs, J. B.; van Erp-van der Kooij, E.: Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation. Animal Production 12 (2015) No. 3, pp: 498-504.
- [20] Alsaaod, M.; Niederhauser, J. J.; Beer, G.; Zehner, N.; Schuepbach-Regula, G. and Steiner, A.: Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. Journal of Dairy Science 98 (2015) No. 9, pp: 6236 - 6242.
- [21] Ipema, B.: Application of a neck-collar mounted sensor for recording feeding and grazing behavior. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 128 - 133. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [22] Malkow-Nerge, K.: Lässt sich mittels Wiederkauaktivität auf die Futteraufnahme schließen? Milchpraxis 49 (2015) H. 2, S. 54 - 56.

- [23] Ambriz-Vilchis, V.; Jessop, N. S.; Fawcett, R. H.; Shaw, D. J. and Macrae, A. I.: Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) No. 3, pp: 1750 - 1758.
- [24] Byskov, M. V.; Nadeau, E.; Johansson, B. E. O. and Nørgaard, P.: Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) No. 6, pp: 3926 - 3937.
- [25] Hoy, S.: Nutzung der automatisch gemessenen Rumination bei Kühen für Brunst-, Gesundheits- und Abkalbemonitoring. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 140 - 145. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [26] Stangaferro, L.; Wijma, R.; Medrano, M. M.; Al Abri, M. A. and Giordano, J. O.: Prepartum rumination patterns in dairy cows that develop health disorders in the early postpartum period. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) Suppl. 2, p. 327.
- [27] Stangaferro, L.; Wijma, R.; Quinteros, C. E.; Medrano, M. M.; Masello, M. and Giordano, J. O.: Use of a rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) Suppl. 2, p. 506 - 507.
- [28] Kaufman, E. I.; LeBlanc, S. J.; McBride, B. W.; Duffield, T. F. and Trevor, J.: Monitoring rumination in transition dairy cows for the early detection of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) Suppl. 2, p. 506.
- [29] Pahl, C.; Hartung, E.; Mahlkow-Nerge, K. and Haeussermann, A.: Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *Journal of Dairy Science* 98 (2015) No. 1, pp: 148 - 154.
- [30] Wendl, G.: Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2014*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1- 10. URL <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/208.html> – Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [31] Grant, R. J. and Dann, H. M.: Biological importance of rumination and its use on-farm. William H. Miner Agricultural Research Institute Chazy, NY. URL <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/41226> - Aktualisierungsdatum: 27.01.2016.
- [32] Rutten, C. J.; Velthuis, A. G. J.; Steeneveld, W. and Hogeveen H.: Invited review: Sensors to support health management on dairy. *Journal of Dairy Science* 96 (2012) No. 4, pp. 1928 - 1952.
- [33] Schindhelm, K.; Haidn, B. und Reese, S.: Früherkennung von Klauenerkrankungen durch automatische Aktivitäts- und Leistungsanalyse bei Milchkühen. In: Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 158 - 163. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.

- [34] Norring, M.; Häggman, J.; Simojoki, H.; Tamminen, P.; Winckler, C. and Pastell, M.: Short communication: Lameness impairs feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96 (2012) No. 7, pp. 4317 - 4321.
- [35] Westin, R.; Vaughan, A.; de Passillé, A. M.; DeVries, T. J.; Pajor, E. A.; Pellerin, D.; Siegford, J. M.; Vasseur, E. and Rushen, J.: Lying times of lactating cows on dairy farms with automatic milking systems and the relation to lameness, leg lesions, and body condition score. *Journal of Dairy Science* 96 (2016) No. 1, pp. 551 - 561.
- [36] Berkemeier, K.; Ostermann-Palz, B. und Stöcker, Ch.: *Kuh-Navis für den Stall*. Elite 2015 H. 3, S. 26 - 29.
- [37] Rose-Meierhöfer, S.; Børsting, C. F.; Auer, M.; Gföllner, V.; Ammon, C. and Demba, S.: Validation of a positioning system in a loose housing dairy barn by using a wireless local area network. In: *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming*, 15 - 18 September 2015, Milan (Italy), pp. 75 - 83.
- [38] Fontana, I.; Tullo, E.; Gottardo, D.; Bahr, C.; Viazzi, S.; Sloth, K. H. and Guarino, M.: Validation of a commercial system for the continuous and automated monitoring of dairy cows activity. In: *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming*, 15 - 18 September 2015, Milan (Italy), pp. 93 - 102.
- [39] Mialon, M. M.; Sloth, K. H. and Veisier, I.: Real time positioning to detect early signs of welfare problems in cows. In: *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming*, 15-18 September 2015, Milan (Italy), pp. 115 - 118.
- [40] Backman, J.; Frondelius, L.; Mononen, J. and Pastell, M.: Filtering methods to improve the accuracy of dairy cows indoor positioning data. In: *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming*, 15 - 18 September 2015, Milan (Italy), pp. 130 - 137.
- [41] Rose, T.; Traulsen, I.; Hellmuth, U.; Georg, H. and Krieter, J.: Realisierbare Genauigkeit beider automatisierten Erfassung von Aufenthaltszeiten von Milchkühen im Boxenlaufstrall mit dem Real Time Location System Ubisense Series 7000. In: *Tagungsband zur 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, 08. - 10. September 2015 in Freising, S. 188 - 193. Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 2015.
- [42] Porto, S. M. C.; Arcidiacono, C.; Giummarra, A.; Anguzza, U. and Cascone, G.: Localisation and identification performances of a real-time location system based on ultra wide band technology for monitoring and tracking dairy cow behaviour in a semi-open free-stall barn. *Computers and Electronics in Agriculture* 108 (2014), pp. 221 - 229.
- [43] Steeneveld, W.; Vernooij, J. C. M. and Hogeveen, H.: Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. *Journal of Dairy Science* 96 (2016) No. 6, pp. 3896 - 3905.
- [44] Steeneveld, W.; Hogeveen, H. and Oude Lansink, A. G. J. M.: Economic consequences of investing in sensor systems on dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture* 119 (2015), pp. 33 - 39.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Wendl, Georg: Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055127>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/261.html>

Technik in der Geflügelhaltung

Jutta Berk, Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

Jutta van der Linde, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Kurzfassung

Tierschutz in der Geflügelhaltung steht nach wie vor im Fokus der Öffentlichkeit. Schwerpunktthemen waren und sind der Verzicht auf nicht-kurative Eingriffe bei Legehennen und Puten, die Entwicklung von Alternativen zur Tötung von männlichen Eintagsküken der Legelinien und die Entwicklung und Verbesserung von tiergerechten Haltungssystemen. Mobile Stallsysteme haben in den letzten Jahren im Geflügelbereich sowohl in der ökologischen Haltung, aber auch unter konventionellen Haltungsbedingungen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen des Beitrages werden am deutschen Markt verfügbare Mobilstallsysteme vorgestellt.

Schlüsselwörter

Tierschutz, Mobilstall, Legehennen, Mastgeflügel

Machinery and Technique in Poultry Husbandry

Jutta Berk, Institute of Animal Welfare and Animal Husbandry Celle, Federal Research Institute for Animal Health

Jutta van der Linde, Chamber of Agriculture Nordrhein-Westfalen

Abstract

Animal welfare in poultry farming is still in the focus of public attention. Major issue of this were and remain measures to improve animal welfare including the development of an alternative to beak-treatment in laying hens and turkeys, the avoidance of killing male chicks of laying lines and the improvement of animal-friendly housing systems. In recent years mobile housing systems are becoming increasingly important not only in the ecological poultry sector, but also under conventional housing conditions. In this context mobile housing systems which are available on the German market are presented in this article.

Keywords

Animal welfare, mobile house, laying hens, fattening poultry

Tierschutz in der Geflügelhaltung

Das Ausmaß an Tierschutz in einer Gesellschaft ist eine ethische Entscheidung [1]. Die hohe gesellschaftliche Akzeptanz für den Tierschutz in Deutschland spiegelt sich in einem detaillierten Tierschutzgesetz und in der Aufnahme des Tierschutzes als Staatsziel in das Grundgesetz seit 2002 wider [2]. Ziel des Tierschutzes ist die Schaffung einer tiergerechten Haltungsumwelt, in der die Nutztiere die Möglichkeit haben, arttypische Verhaltensweisen auszuüben und in der eine gute Tiergesundheit gefördert wird. Eine systematische Beurteilung des Tierwohls auf der Basis wissenschaftlich validierter, ergebnisorientierter und damit tierbezogener Indikatoren in Deutschland oder auf EU-Ebene wird gegenwärtig jedoch nicht durchgeführt [1]. Informationen über Haltungs- und Managementbedingungen von Nutztieren fehlen ebenfalls weitgehend, so dass ein quantitativer Überblick über das Tierschutzniveau anhand standardisiert erhobener Messgrößen nicht möglich ist [1].

Schwerpunkthemen im Geflügelbereich waren und sind unter anderem die Schnabelbehandlung als nicht-kurativer Eingriff bei Legehennen und Puten, die Tötung von männlichen Eintagsküken der Legelinien, der Einsatz von Antibiotika mit möglichen daraus resultierenden Resistenzen, aber auch zunehmend Fragen der tiergerechten Haltung von Geflügel, unter anderem durch die Etablierung von höheren Tierschutzstandards z. B. bei Mastgeflügel. Die Anforderungen an das Halten von Nutztieren sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung festgelegt (TierSchNutzV) [3]. In Abschnitt 1 dieser Verordnung sind allgemeine Bestimmungen formuliert, während in den speziellen Teilen rechtsverbindliche Vorgaben an die Haltung von Nutztieren (Kälber, Schweine, Legehennen, Masthühner, Kaninchen und Pelztiere) geregelt sind. Für die Haltung von Mastputen wurden bislang noch keine speziellen Rechtsvorschriften erlassen. Mindestanforderungen an eine tiergerechte Mastputenhaltung finden sich in den Bundeseinheitlichen Eckwerten für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen [4]. Seit Januar 2014 ist dabei die Datenerfassung zur Etablierung eines Gesundheitskontrollprogrammes verpflichtend, in dem Indikatoren genutzt werden, die im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung am Schlachthof erhoben werden. Nach dem Abschluss der einjährigen Pilotphase werden seit Anfang 2015 die Mortalität der Puten in der Mastphase, die Fußballengesundheit, die Anzahl Transporttote, die Gewichtsentwicklung im Mastdurchgang, Brusthautveränderungen bei den Hähnen sowie Verwürfe am Schlachthof einbezogen [5]. Diese Umsetzung des Gesundheitskontrollprogrammes, welches zusätzlich durch eine risikoorientierte Überwachung in den Betrieben ergänzt wird, läuft seit 2015 und ist beispielgebend für die Geflügelwirtschaft in Deutschland.

Mobile Geflügelhaltung - Trend der Zukunft im alternativen Bereich?

Fahrbare Hühnerställe sind keine Erfindung der Neuzeit, sondern wurden bereits vor mehr als 80 Jahren entwickelt. Die frühe Blütezeit dieser fahrbaren Ställe war um 1930. Nach der Räumung der Felder wurde das Geflügel, vorwiegend Junghennen, in diesen Geflügelwagen auf die Stoppelfelder gebracht und der Standort in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot gewechselt. Eine effektive Methode um Futter zu sparen, da die Tiere sich von während der Ernte verloren gegangenen Körnern ernährten. Die von Pferden oder später dann mit Trakto-

ren bewegten Ställe kamen außerhalb der Erntezeit auf Grünflächen zum Einsatz [6]. Betrachtet man die Verwendung von Mobilställen im Geflügelbereich in Deutschland nach dieser Zeit, so erfolgte der Einsatz zunächst überwiegend im Biobereich. Im Vergleich zu konventionellen festen Ställen mit Freilandhaltung werden die Vorteile darin gesehen, dass diese kurze Bauzeiten aufweisen, vorhandene Weideflächen bei gleichzeitiger Verbesserung der Hygiene und der Tiergesundheit sowie der Reduktion von Nährstoffeinträgen optimal genutzt werden. Ab dem Jahr 2000 entwickelte sich zunächst im Biobereich eine zunehmende Nachfrage. Seit einigen Jahren steigt nun auch in kleineren, konventionellen direktvermarktenden Betrieben die Nachfrage nach diesen Systemen. Dies ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass die herkömmliche Käfighaltung im Jahre 2010 endgültig verboten wurde. Vor allem Selbstvermarkter mit kleineren Herdengrößen standen vor der Herausforderung, sich Gedanken über die künftige Produktionsform machen zu müssen, wenn sie weiterhin eigene Eier anbieten wollten. Im Bereich der Freiland Eierproduktion waren die am Markt vorhandenen Mobilstallsysteme, die zunächst von zwei Firmen (Wördekemper Kollenberg & GmbH Co. KG, Iris Weiland e. K.) seriell in verschiedenen Größenordnungen angeboten wurden, plötzlich eine akzeptable Option. Mittlerweile gibt es mit den Firmen Rowa-Stalleinrichtung und farmermobil GmbH weitere Anbieterfirmen mit eigenen Mobilstallkonzepten auf dem deutschen Markt. Alle 4 Anbieter bieten Stalleinheiten für unterschiedlichste Bestandsgrößen an. Auch die Firma Big Dutchman bietet mittlerweile in Deutschland einen mobilen Tunnelstall auf Kufen an, der zuvor ausschließlich im Ausland vermarktet wurde [6]. Daneben existieren zahlreiche Eigenlösungen von Landwirten, die beachtenswert sind [6].

Aus baurechtlicher Sicht sind die meisten Mobilstallmodelle laut Bauordnungen der Länder genehmigungspflichtig, da die Ausführungen der bekannten Hersteller i.d.R. größer als 30 Kubikmeter umbauter Raum sind. Der Ausnahmetatbestand der max. Firsthöhe von 4 m greift nicht, da die Geflügelställe nicht als „Unterstände für den vorübergehenden Schutz“ angesehen werden können. Eine Ausnahme von der Baugenehmigungspflicht kann gewährt werden, wenn sichergestellt ist, dass ein Mobilstall nicht länger als 3 Monate an der gleichen Stelle steht [6]. Einzelne Bundesländer haben in ihren Landesbauordnungen bereits Erleichterungen im Genehmigungsrecht geschaffen.

Mobilställe der Firma Wördekemper Kollenberg GmbH & Co. KG

Insgesamt sind bei diesem Hersteller acht verschiedene Stallgrößen im Angebot, die je nach gesetzlich vorgeschriebenen Grundlagen bzgl. Besatzdichten sowie Einrichtungsstatus Tierbestände von 190 bis 1440 Legehennen nach Ökostandards und 280 bis 2000 Tiere nach konventionellen Produktionsbedingungen Platz bieten. Die Ställe variieren von 4 bis 8 Metern Breite sowie 8 bis 28 Metern Länge. Die Stallplatzkosten beim seriellen Stall ohne individuelle Extraausstattungen belaufen sich im Legehennenbereich – in Abhängigkeit von der Größe – zwischen ca. 75 - 128 Euro im Bio- und ca. 50 - 70 Euro im konventionellen Bereich. Obwohl gerade auf dem Biosektor die Nachfrage nach mobilen Stallsystemen ungebremst ist, gibt die Firma Wördekemper an, dass 60 – 70 % ihrer Kunden mittlerweile konventionelle Betriebe sind [6].

Die Ställe stehen auf Stahlträgerkufen und können mittels Traktor in Längsrichtung verzogen werden (**Bild 1**). Dabei wird überwiegend ohne feste Bodenplatte gearbeitet. Nach Versetzen

des Stalles wird der liegengebliebene Kot entfernt und die Fläche neu eingesät. Teilweise werden mindestens zwei feste Betonplatten genutzt, zwischen denen dann der Stall hin und her gezogen werden kann. Während im Bereich der Geflügelfleischproduktion mit einfacher Einstreu auf dem Natur- oder Betonboden gearbeitet wird, unterlagen die Stalleinheiten im Legehennenbereich verschiedensten Entwicklungen. Das Kotgrubensystem mit Futter- und Wasserversorgung befindet sich zumeist in der Mitte des Stalles, es steht ebenfalls auf Stahlkufen und ist mit dem eigentlichen Stall fest verbunden. Im Laufe der Jahre kamen auch mehretägige Bodenhaltungssysteme zum Einsatz und haben sich gut bewährt. Auch in Bezug auf Kaltscharrraumforderungen (KSR) hat sich die Firma einiges einfallen lassen. Das favorisierte Modell bei den Legehennen ist ein in Längsrichtung angehängter KSR. Die Futterbevorratung solcher Ställe geschieht über Silos, die auf den Kufen mitbewegt werden, wenn der Stall versetzt wird. Photovoltaikanlagen sorgen für die notwendige Stromversorgung vor Ort [6].



Bild 1: Mobilstall für Legehennen der Firma Würdekemper Kollenberg GmbH & Co. KG

(Foto: Würdekemper Kollenberg GmbH & Co. KG)

Figure 1: Mobile house for laying hens of the company Würdekemper Kollenberg GmbH & Co. KG

(Photo: Würdekemper Kollenberg GmbH & Co. KG)

Mobilställe der Firma Stallbau Iris Weiland e.K.

Diese Firma bietet seit 2002 das "Hühnermobil" in vier Größen für 225 – 1200 Ökolegehennen bzw. 250 – 1400 konventionelle Legehennen an [6]. Mit Ausnahme des Modells "Hühnermobil 225" verfügen alle über eine automatische Fütterung und hydraulische Entmistungsbänder, im 1200er Stall ist auf Wunsch ein automatisiertes Einstreunest möglich. Die Ställe mit geschlossener Bodenplatte verfügen über Räder zum einfachen Versetzen des Systems innerhalb von kurzer Zeit und sind durch die autarke Futter-, Wasser- und Stromversorgung vollmobil einsetzbar. Zu diesem Zweck wird der Stall meistens morgens, inklusive der Hennen, mittels Traktor hydraulisch angehoben, an den neuen Standort gefahren und wieder abgesenkt (**Bild 2**). Die seriellen Ställe kosten ohne Extraausstattungen je nach Mo-

dell 125 – 161 Euro je Hennenplatz (Ökobereich) und 109 – 137 Euro im konventionellen Bereich (bei einer reduzierten Belegung von 7 Tieren pro qm Bewegungsfläche). Im Modell „Kombistall“ können je nach Bedarf des Landwirtes 350 Legehennen oder 499 Masthähnchen (konventionell) gehalten werden. Darüber hinaus gibt es auch einen reinen mobilen Maststall, das „Hähnchenmobil“ [6].



Bild 2: Mobilstall für 1200 Legehennen der Firma Stallbau Iris Weiland e.K. (Foto: Christian Mathieu)

Figure 2: Mobile house for 1.200 laying hens of the company Stallbau Iris Weiland e.K. (Photo: Christian Mathieu)

Mobilställe der Firma ROWA-Stalleinrichtung GmbH & Co. KG

Diese Firma bietet erst seit 2014 Mobilställe an und startete mit dem Model ROWA Mobil 540/900, wobei gegenwärtig sechs Legehennen- und fünf Hähnchenmobile in verschiedenen Größenordnungen angeboten werden (**Bild 3**). Die meisten Mobilställe haben eine TÜV-Zulassung und können auch über Straßen transportiert werden. Die Ställe können mit unterschiedlichem Technisierungsgrad ausgeliefert werden, von einfachen Bodenhaltungen bis zu mehretagigen Ausführungen mit Volieren [6]. Diese bieten zwischen 24 und 900 konventionellen Hennen bei Tierplatzpreisen von 90 – 140 Euro und 215 bis 731 Hennen nach EU-Öko-VO zu Tierplatzpreisen von 110 bis 140 Euro Platz. Bei den Hähnchen können im ökologischen Bereich zwischen 166 und 500 Tiere (maximal 1,89 kg Lebendgewicht) aufgestellt werden, der Preis pro Tierplatz beträgt dann 35 bis 126 Euro. Für die beiden vollmobilen Modelle „Flotter Hahn 180/260“ werden im konventionellen Betrieb Tierbesätze von ca. 390 bis 550 Tieren im Stall in Abhängigkeit von der individuellen Mastdauer angegeben. Die Kosten werden mit 53 bis 70 Euro je Platz beziffert. Das halbmobile Hähnchenmodell (Versetzung mittels Frontladergabel) ist in drei Größen zu erhalten und für 166 / 333 / 500 Hähnchen in ökologischer Haltung mit 1,89 kg Lebendgewicht ausgelegt. Die Modelle werden auf Wunsch auch mit Kaltscharräumen oder Alarmsystem angeboten [6].



Bild 3: ROWA Mobil 900 der Firma ROWA-Stalleinrichtung GmbH & Co. KG (Foto: ROWA-Stalleinrichtung GmbH & Co. KG)

Figure 3: ROWA Mobil 900 of the company ROWA-Stalleinrichtung GmbH & Co. KG (Photo: ROWA-Stalleinrichtung GmbH & Co. KG)

Mobilstall der Firma Big Dutchman

Gegenwärtig gibt es nur ein Modell dieser Firma, den Stall NATURA Camp (**Bild 4**). Dabei handelt es sich um einen seriellen Mobilstall mit fertig montierter Einrichtung für 1000 Bio-Legehennen oder 1223 Hennen in konventioneller Haltung [6]. Der Stall ist 7,80 x 20,50 Meter groß und seriell mit einer NATURA Step-Voliere ausgerüstet. Ein Unterschied zu anderen Tunnelställen ist darin zu sehen, dass der NATURA Camp mit einem geschlossenen Boden ausgestattet ist.



Bild 4: NATURA Camp der Firma Big Dutchman (Foto: Big Dutchman)

Figure 4: NATURA Camp of the company Big Dutchman (Photo: Big Dutchman)

Die Fortbewegung des Stalles geschieht auf Stahlkufen unter dem Stallboden. Mit Hilfe einer Seilwinde kann der Stall mitsamt dem Silo von einem Standort zum anderen gezogen werden. Nach jedem Standortwechsel brauchen nur noch Strom und Wasser angeschlossen werden. Als Stromleistung für die Technik wird 230 / 380 Volt 3 Phasen Drehstrom benötigt, der für den reibungslosen Ablauf der automatischen Fütterung, Eiersammlung und Entmischung benötigt wird. Im Stall ist ein Klima- und Produktionscomputer installiert, der optional mit der Software BigFarmNet eine Fernüberwachung via Handy bzw. Tablet per App ermöglicht. Zusätzlich verfügt der Stall über ein Alarmmeldesystem, das Störungen ebenfalls auf das Handy des Betreibers meldet. Die Kosten pro Hennenplatz betragen ca. 110 Euro (Ökobereich) bzw. ca. 90 Euro unter konventionellen Bedingungen.

Mobilstall der Firma farmermobil GmbH

Diese Firma ist mit dem ersten Prototyp (HM200) eines Hähnchen - Mobilstalles erst seit September 2015 auf dem Markt. In diesem Stall finden 200 Hähnchen nach Öko-Vorgaben Platz. Der Stall wird autark betrieben und ist mit einem Solarpanel für den Strom (Beleuchtung, automatisches Öffnen und Schließen der Auslaufklappen) versehen. Die Wasserversorgung erfolgt mittels Vorratsrohren unter der Decke, die bei Bedarf mit 300 Litern Wasser aufgefüllt werden. Ein innenliegendes Silo fasst etwa 1,5 Tonnen Futter, der Preis für den Masthähnchenplatz im Ökobereich liegt bei 137,50 Euro [6].

Ende 2015 wurden die ersten Prototypen der mobilen Legehennenställe "fm 1000" mit 1000 Hennenplätzen und "fm 600" (**Bild 6**) mit 600 Hennenplätzen (Ökobereich) ausgeliefert. Als dritte Größeneinheit bietet der "fm 300" jeweils 300 Legehennen nach Öko-VO Platz. Der Mittelteil des Legehennenstalles ist auf einem Fahrwerk fest verbaut. Darin befinden sich die Haltungseinrichtungen für die Tiere wie verschiedene Ebenen, Futter, Wasser, Nester und Sitzstangen. Zusätzlich werden - je nach Stallgröße - an einer oder beiden Seiten Kaltscharräume in Modulbauweise mit einem festen Boden angehängt, die quasi am Hauptstall mit-schweben. Auf der jeweiligen Auslaufläche ist die komplette Einheit versetzbar, zum Transport über öffentliche Verkehrswege müssen die Kaltscharräume jedoch abgehängt werden. Optional kann der Stallcomputer über Handy oder Tablett-PC überwacht und reguliert werden, so dass eine Störung im Stall z.B. im Bereich der Lüftungs- oder Fütterungstechnik umgehend beseitigt werden kann. Tendenziell ist die Nachfrage nach größeren Einheiten vorherrschend. Der Tierplatzpreis für Öko-Legehennen liegt in der seriellen Ausgabe der drei Größen zwischen ca. 100 und 130 Euro, im konventionellen Bereich zwischen ca. 67 und 87 Euro netto, jeweils ohne externe Steuerung [6].



Bild 5: Innenansicht des Mobilstalles für Legehennen fm 600 (Foto: Jutta van der Linde)

Figure 5: Interior view of the mobile house for laying hens fm 600 (Photo: Jutta van der Linde)

Zusammenfassung

Das Thema Tierschutz in der Geflügelhaltung steht nach wie vor im Fokus von Politik und Medien in Deutschland. Neben der Optimierung der Haltungsumwelt, die unter anderem die Entwicklung von alternativen Haltungssystemen beinhaltet, liegen weitere Schwerpunkte in der Vermeidung der Schnabelbehandlung bei Legehennen und Puten, der Reduktion des Antibiotikaeinsatzes sowie in der Entwicklung von Möglichkeiten zur Geschlechtsdifferenzierung im Ei zur Vermeidung der routinemäßigen Tötung von männlichen Eintagsküken der Legelinien. Neben gesetzlichen Verordnungen gewinnen zunehmend freiwillige Vereinbarungen zur Umsetzung des Tierschutzes in der Praxis an Bedeutung.

Mobilstallsysteme etablieren sich zunehmend nicht nur im Biobereich, sondern erfreuen sich auch bei konventionellen Selbstvermarktern mit kleineren Herdengrößen zur Freilandeiherproduktion zunehmender Beliebtheit. Mittlerweile bieten zahlreiche Firmen Mobilstalleinheiten mit unterschiedlichen Bestandsgrößen an, so dass jeder Nutzer seine optimale Größe und die gewünschte technische Ausstattung wählen kann. Neben den seriellen Angeboten der Firmen gibt es in der Praxis mittlerweile auch zahlreiche Eigenentwicklungen von Landwirten mit dem Ziel, optimierte Lösungen für den eigenen Betrieb zu finden.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass mobile Stallsysteme im Geflügelbereich nicht nur ein vorübergehender Trend in Deutschland sind, so dass gegenwärtig auch weitere Firmen planen, entsprechende serielle Mobilställe zu entwickeln und auf den Markt zu bringen.

Literatur

- [1] Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL: Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Kurzfassung des Gutachtens (2015), S. 1-64.
- [2] -, -: Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308) geändert worden ist.
- [3] -, -: Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert worden ist.
- [4] Verband Deutscher Putenerzeuger: Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen. Mrz 2013
- [5] Andersson, R.; Toppel, K. und Heesen, S.: Kann man Tierwohl messen? In Geflügeljahrbuch (2016) S. 24-32. Eugen Ulmer KG 2015.
- [6] van der Linde, J.: Mobilställe am deutschen Markt - Stand Januar 2016. Landwirtschaftskammer Nordrhein- Westfalen. URL http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/Tierhaltung/Gefluegel/2014_Mobilstallsysteme_Tabelle_Adressen.pdf. - Aktualisierungsdatum: 22.01.2016.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Berk, Jutta; van der Linde, Jutta: Technik in der Geflügelhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-9

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055129>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/262.html>

Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung: Umfang und Minderungsoptionen

Jochen Hahne, Stefan Linke, Klaus-Dieter Vorlop,
Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

Kurzfassung

Die Tierhaltung in Deutschland muss angesichts der erheblichen Überschreitung der nationalen Emissionsobergrenze für Ammoniak und als deren Hauptverursacher weitreichende Maßnahmen zur Emissionsminderung ergreifen und prüfbar umsetzen. Hierfür steht eine Fülle von Optionen in der gesamten Verfahrenskette, angefangen von der Fütterung bis hin zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, zur Verfügung. Die Abluftreinigung ist eine wirksame und prüfbare Maßnahme zur Minderung von Emissionen aus zwangsbelüfteten Tierhaltungsanlagen. Zur Reduzierung der Kosten für die Abluftreinigung und zur Verbesserung des Tierwohls könnte auch eine innovative Stallluftführung beitragen, bei der nur hochbelastete Teilströme unterflur abgesaugt und gereinigt werden.

Schlüsselwörter

Ammoniak, Tierhaltung, Minderungsoptionen, Abluftreinigung, partielle Unterflurabsaugung

Ammonia emissions from livestock: range and mitigation options

Jochen Hahne, Stefan Linke, Klaus-Dieter Vorlop,
Thünen-Institute of Agricultural Technology, Braunschweig

Abstract

In view of considerable exceeding the national emission limit for ammonia the livestock in Germany as its major source has to take extensive action for reduction and testable implementation. A package of measures is available for the whole production process, beginning with feeding up to application of manure. Exhaust air treatment is one effective and testable option for emission reduction from forced ventilated livestock housings. Innovative and intelligent stable air guidance with treatment of highly loaded, underfloor sucked branch current may contribute to both, a reduction of exhaust air treatment costs and for improving animal welfare.

Keywords

Ammonia, livestock, mitigation options, exhaust air treatment, partial underfloor air extraction

Ammoniak: Beitrag der Tierhaltung und Handlungsbedarf

Die Landwirtschaft verursacht knapp 95 % der nationalen Ammoniakemissionen in Höhe von 671.000 Tonnen im Jahr [1]. Dieser Wert übersteigt die in der NEC-Richtlinie [2] vereinbarten Emissionsobergrenzen von 550.000 t/a für Deutschland erheblich. Darüber hinaus soll Deutschland seine Ammoniakemissionen, bezogen auf das Jahr 2005, um weitere 5 % bis zum Jahr 2020 reduzieren. Die Europäische Kommission hat ferner im Dezember 2013 ein Legislativpaket zur Luftreinhaltung vorgelegt, das explizit auf die Verringerung des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen abzielt. Zentrales Element ist hierfür die sogenannte NERC-Richtlinie, die für die wichtigsten Luftschadstoffe (Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak, flüchtige Kohlenwasserstoffe (ohne Methan) und Feinstaub (PM 2,5)) nationale Emissionsminderungsverpflichtungen (NERC) festlegt, die bis 2030 zu erreichen sind. Im Rahmen dieses Legislativpaketes soll Deutschland u.a. seine Ammoniakemissionen bis 2030 um 38 %, bezogen auf den Stand von 2005, reduzieren [3; 4]. Sofern Deutschland seinen Verpflichtungen diesbezüglich nicht nachkommt, drohen Vertragsverletzungsverfahren mit erheblichen Sanktionen in möglicherweise 5-stelliger Höhe je Tag bei einer entsprechenden Verurteilung [3]. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Deutschland seine Bemühungen zur Minderung von Ammoniakemissionen erheblich verstärken muss. Die Landwirtschaft und insbesondere die Tierhaltung als deren Hauptverursacher müssen daher wesentliche Beiträge liefern. In Deutschland wurden nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [5; 6; 7] 12,76 Mio. Rinder (Mai 2015), 27,69 Mio. Schweine (Mai 2013), 47,99 Mio. Legehennen, 15,64 Mio. Junghennen, 97,15 Mio. Masthähnchen und 16,6 Mio. sonstiger Geflügeltiere gehalten (März 2013). Ca. 52 % der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen stammen aus der Rinderhaltung, 20 % aus der Schweinehaltung und 9 % aus der Geflügelhaltung [8]. Die Probleme der deutschen Tierhaltung in Hinblick auf Tier- und Umweltschutz sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz werden auch in dem Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Agrarpolitik dezidiert beschrieben [9]. Dort wird zusammenfassend festgestellt, dass die Auflagen zur Reduktion von Ammoniakemissionen in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern mit hoher Tierdichte gering sind und es erheblicher Investitionskosten in den Bereichen Filteranlagen in Ställen, Gülleabdeckung und Gülleausbringungstechnik bedarf, um die Ziele der NERC-Richtlinie bis 2030 erreichen zu können. Der Neufassung der NEC-Richtlinie steht der Deutsche Bauernverband hingegen skeptisch gegenüber [10]. Die vorgesehenen Obergrenzen würden die Tierhaltung am Standort Deutschland insgesamt in Frage stellen und würden zu einer Verlagerung der Tierhaltung ins Ausland beitragen. Der Verband fordert u.a. realistische Reduktionsziele sowie eine ausgewogene Verteilung der Minderungsaufgaben innerhalb der EU. Statistiken des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft weisen für die Fleisch- und Fleischerzeugnisse einen Selbstversorgungsgrad von 120 % für die Jahre 2012 und 2013 auf [11; 12]. Die Zahlen belegen, dass gerade die Schweine- und Geflügelfleischproduktion in den letzten Jahren erheblich gesteigert wurde, während die Produktion von Rind- und Kalbfleisch rückläufig war. Wegen der Umweltwirkungen der Tierhaltung, den vielfach nicht tiergerechten Haltungsverfahren sowie einer Produktionsmenge, die deutlich über den nationalen Bedarf hinausgeht, wird auch die Reduzierung der Tierzahlen als ein wirksames Mittel zur Emissionsminderung

diskutiert [9]. Soll jedoch die Intensität der Tierhaltung in Deutschland aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht reduziert werden, müssen auf allen Ebenen der Produktionskette wirksame und prüfbare Maßnahmen zur Emissionsminderung ergriffen werden.

Maßnahmen zur Emissionsminderung

Zur Minderung von Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung steht eine Fülle von Maßnahmen zur Verfügung [13], deren Potentiale zum Teil seit Jahrzehnten bekannt sind, aber aus unterschiedlichsten Gründen bislang zu wenig in der betrieblichen Praxis flächendeckend umgesetzt wurden. Sie betreffen die Bereiche Fütterung, Stallhaltung, Güllelagerung und Ausbringungstechnik und werden je nach Anwendbarkeit und Nutzen in verschiedene Kategorien eingeteilt. Kategorie 1 beschreibt Verfahren, die gut erforscht und praxistauglich sind. In der Kategorie 2 werden Maßnahmen zusammengefasst, die viel versprechend sind, bei denen aber noch Forschungsbedarf besteht und die nicht generell angewendet werden können. Alle Verfahren und Techniken, über die bislang kein Nachweis ihrer Wirksamkeit vorliegt bzw. deren praktischer Einsatz fragwürdig erscheint, wurden in Kategorie 3 zusammengefasst. Die einzelnen Optionen werden dann für die verschiedenen Tierarten (Rindvieh, Schweine, Geflügel) differenziert dargestellt. Die Herabsetzung des Proteingehaltes in den Futterrationen wird als sehr wirksame Maßnahme beurteilt und in Kategorie 1 eingestuft. Das Ammoniakminderungspotential dieser Maßnahme wird auf 10 – 30 % geschätzt [14]. Im Bereich der Stallhaltung werden gefurchte Böden mit Gülleschiebern (Rinderhaltung, Minderungspotential für Ammoniak 25 – 46 %), Verfahren zur Reduzierung der emittierenden Oberflächen, Gülleansäuerung und Kühlung sowie Abluftreinigung u.a. (Schweinehaltung, Minderungspotential für Ammoniak 25 – 90 %), Verfahren zur Kotbandentmistung, Abluftreinigung u.a. (Geflügelhaltung, Minderungspotential für Ammoniak 30 – 90 %) der Kategorie 1 zugeordnet. Für die Güllelagerung stehen viele Kategorie 1-Verfahren zur Abdeckung mit Minderungspotentialen zwischen 40 und 80 % zur Verfügung. Entsprechendes gilt auch für die Ausbringungsverfahren für Gülle und Festmist. Je nach Art des Wirtschaftsdüngers und seiner Anwendung auf Ackerland oder Grasland sind Emissionsminderungen von 20 - 30 % (Schleppschlauch) bis hin zu 90 % bei vollständiger Einarbeitung innerhalb einer Stunde möglich [14].

Im Bereich der Milchviehhaltung werden aktuell Forschungsarbeiten zur Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls mit dem Ziel der Überprüfung der Wirksamkeit von Depositionsbarrieren (Hecken, Agroforststreifen) durchgeführt [15]. Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit der Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der Lagerung. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Spurengasemissionen stark von den untersuchten Stallkompartimenten (Urinstelle, Kotstelle, Flüssigmistvorgrube, Flüssigmistbehälter) abhängen [16].

Die Abluftreinigung als eine Option zur Minderung von Emissionen (Ammoniak, Staub, Bioaerosole, Geruch) wird gegenwärtig an 24 Biowäscher-Anlagen in Nordwestdeutschland untersucht. Dabei wurde eine durchschnittliche Minderung von 80 % für Ammoniak gemessen. Allerdings wurde eine Zunahme von Lachgas im Rahmen der Reinigung festgestellt [17].

Untersuchungen an Abluftreinigungsanlagen in Bayern zeigen, dass Anlagen, bei denen zu wenig Austauschflächen geboten werden, keine ordnungsgemäße pH-Regelung erfolgt sowie keine Warnsysteme installiert sind (z. B. bei Pumpenausfall), die geforderten Reinigungsleistungen nicht dauerhaft gewährleisten können [18]. Gerade aus diesem Grund wurde für Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung ein entsprechender DLG-Test entwickelt, der neben hohen Reinigungsleistungen der Anlagen auch einen entsprechenden Gebrauchswert prüft [19]. Die Testergebnisse für die einzelnen Verfahrensprüfungen sind kostenlos und online verfügbar [20].

Die Abluftreinigung in der Schweinehaltung bietet für alle relevanten Parameter (Geruch, Ammoniak, Staub, Bioaerosole) ein enormes Minderungspotential [20; 21]. Bei klassischen Unterflurabsaugungen und bei Einsatz von Lebensmittelresten als Futtermittel können jedoch deutlich höhere Schadgasfrachten auftreten. Diese können - insbesondere bei einstufigen, biologisch arbeitenden Rieselbettfiltern - zu Problemen bei der Einhaltung der DLG-Kriterien hinsichtlich der Geruchsabscheidung führen.

Um die umfassende Emissionsminderung dauerhaft gewährleisten zu können, müssen Abluftreinigungsanlagen ordnungsgemäß betrieben, gewartet und auch routinemäßig überwacht werden. Dies zeigt die Auswertung von 164 Messberichten entsprechender Anlagenprüfungen. Während am Tag der Messung die Anlagen die geforderten Reinigungsleistungen weitgehend erbracht haben, gab es nicht unerhebliche Mängel im Langzeitbetrieb. Dieser soll anhand des elektronischen Betriebstagebuches überprüft werden, in dem betriebsrelevante Messwerte als Halbstundenmittelwerte zu speichern sind [22].

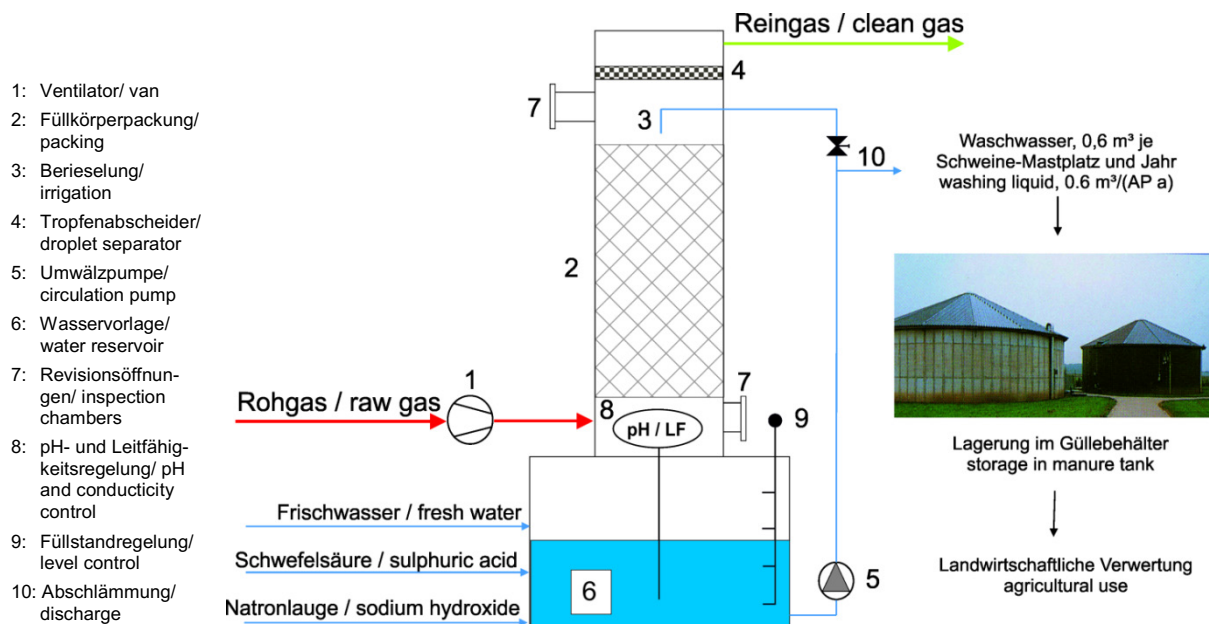


Bild 1: Schema eines einstufigen Rieselbettfilters zur Reinigung von Abluft aus Schweinehaltungen

Figure 1: Schema of a single stage trickling filter for exhaust air cleaning from pig stables

Bei einstufigen Rieselbettfiltern (**Bild 1**) wird die Abluft aus dem Stall durch eine geordnete Füllkörperpackung geleitet, die im Gegenstrom permanent mit Waschwasser berieselt wird.

Auf dem Füllkörpermateriale und in der Waschflüssigkeit wachsen Mikroorganismen, die Geruchsstoffe und gelöste Staubpartikel abbauen. Ammoniak wird im Washwasser gelöst und von Mikroorganismen zu Nitrit und Nitrat oxidiert. Ein sachgerecht dimensionierter Tropfenabscheider verhindert die Freisetzung von Aerosolen. Für die sichere Anlagenfunktion muss der abgeschiedene Stickstoff sowie überschüssige Biomasse mit dem Washwasser aus der Anlage entfernt werden. Dies erfolgt mit einer automatisch arbeitenden über die Leitfähigkeit geregelten Abschlammung. Ferner muss über die Dosierung von Säure und Lauge ein pH-Wert von minimal 6,0 und maximal 7,5 im Washwasser eingehalten werden, um einerseits die Ammoniakabscheidung zu gewährleisten und andererseits die Bildung nitroser Gase zu unterbinden (**Bild 2**). Über eine entsprechende farbliche Ampelmarkierung lässt sich somit sofort zeigen, dass die Anlage nicht durchgehend ordnungsgemäß betrieben wurde. Das Thünen-Institut für Agrartechnologie hat im Auftrag des Landkreises Cloppenburg entsprechende, anlagenspezifische Prüfprotokolle entwickelt, die eine effiziente und kostengünstige Anlagenkontrolle im Langzeitbetrieb sicherstellen [23].

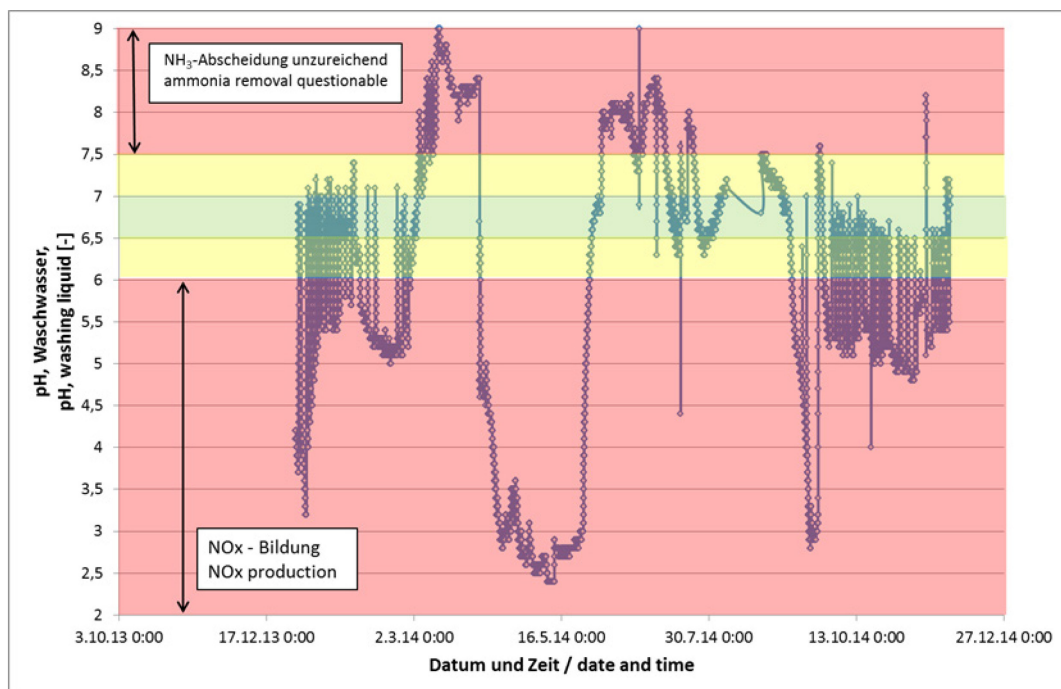


Bild 2: Verlauf des pH-Wertes im Waschwasser eines einstufigen Rieselbettfilters

Figure 2: Course of pH value in the washing liquid of a trickle bed filter

Eine Ergänzung zur Abluftreinigung stellt die intelligente Stallluftführung dar. Ein Beispiel ist die partielle Unterflurabsaugung, die ebenfalls am Thünen-Institut für Agrartechnologie untersucht wurde [24]. Mit ihrer Hilfe können gleichzeitig Emissionen gemindert und das Tierwohl gesteigert werden. Sie ist zudem bereits als aufkommende Technik in die Neufassung des BVT-Merkblatts (BREF) Intensivtierhaltung aufgenommen worden [25]. Bei der partiellen Unterflurabsaugung, nicht zu verwechseln mit der herkömmlichen Unterflurabsaugung, wird ein Teil des nach DIN 18910 [26] geforderten Volumenstromes unterhalb des Spaltenbodens abgesaugt. Dabei taucht ein Kanal in den Unterflurbereich ein (**Bild 3**, Mitte) und greift dort auf einen linienförmig ausgebildeten Abluftkanal zu. Aufgrund der daraus resultierenden ho-

hen Belastung an Ammoniak wird diese Abluft einem Wäscher zugeführt. Der Rest des Luftvolumenstromes wird Oberflur, ebenfalls durch linienförmige Abluftkanäle (Bild 3, links an der Wand), abgeführt. Durch die geringe Belastung an Geruch und Ammoniak kann das Verblasen der Oberflurablufte unter gegebenen Umständen direkt erfolgen. Die Frischluft strömt durch eine Schlitzöffnung nach (Bild 3, über dem Mittelgang). Wichtig ist bei dieser Technik ein ausgeglichenes Druckpotenzial im Bereich des Spaltenbodens. Die Lüftung muss so geregelt werden, dass keine Luft aus dem Unterflurbereich in den Tierbereich über den Spalten angesaugt wird.

Ergebnisse von Messungen in einem Stall (Bild 3) und Berechnungen mittels numerischer Simulation zeigen, dass das Ammoniak aus der Gülle im Unterflurbereich gehalten wird [27]. Hier treten wesentlich höhere Konzentrationen auf als Oberflur. Der Bereich in dem sich die Tiere aufhalten hat somit eine bessere Luftqualität. Das System verteuert das erzeugte Schweinefleisch lediglich um ca. 10 Cent/kg.



Bild 3: Blick in den Oberflurbereich des Projektstalles.

Figure 3: View into the stable of the project.

Zusammenfassung

Deutschland verursacht Ammoniakemissionen in Höhe von 671.000 Tonnen im Jahr und überschreitet die in der NEC-Richtlinie vereinbarte Emissionsobergrenze bereits jetzt um 121.000 Tonnen. 95 % dieser Emissionen stammen aus der Landwirtschaft. Angesichts der vorgeschlagenen weiteren Emissionsminderung von 38 % bis zum Jahr 2030 müssen die Landwirtschaft und insbesondere die Tierhaltung erhebliche und weitreichende Maßnahmen zur Emissionsminderung ergreifen, um die Umweltschutzziele zu erreichen und möglichen Sanktionen aus Vertragsverletzungsverfahren vorzubeugen. Anderenfalls ist eine spürbare Verringerung der Tierbestände kaum vermeidbar.

Zur Reduzierung der Ammoniakemissionen steht ein ganzes Bündel von Maßnahmen zur Verfügung, deren Wirksamkeit und Praxistauglichkeit zuverlässig beurteilt werden kann. Sie

umfassen die gesamte Produktionskette, angefangen von der Fütterung über die Stallhaltung bis hin zur Wirtschaftsdüngerlagerung und dessen Ausbringung.

Maßnahmen zur Emissionsminderung müssen nicht nur wirksam sondern auch überprüfbar sein. Die Abluftreinigung bietet bei zwangsbelüfteten Tierhaltungsanlagen neben einer umfassenden Wirksamkeit in Hinblick auf die Abscheidung von Ammoniak, Staub, Bioaerosolen und Geruch auch eine sichere und verhältnismäßige Überprüfbarkeit der Emissionsminderung. Zur Kostenminderung bei der Abluftreinigung und zur Verbesserung des Tierwohls kann eine innovative Luftführung mit einer partiellen Unterflurabsaugung beitragen, wie erste Ergebnisse aus praktischen Untersuchungen andeuten. Ob die erhöhten Schadstofffrachten dieser Teilströme jedoch von den bisher in der Praxis eingesetzten Abluftreinigungsanlagen wirksam und weitgehend eliminiert werden können, muss noch geprüft werden.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt: Ammoniakemissionen nach Quellkategorien. URL https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_a_mmoniak-emi_2015-06-01.pdf - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [2] Richtlinie 2001/81/EG des Parlaments und des Europäischen Rates vom 23. Oktober 2001. URL <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE> – Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [3] Hummel, H.-J.: Neue Entwicklungen zum Immissionsschutz. URL http://www.bast.de/DE/FB-V/Publikationen/Veranstaltungen/V3-Luftqualitaet-2015/luftqualit%C3%A4t-vortrag-hummel.pdf?__blob=publicationFile&v=2 - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [4] Appelhans, J.: Vorstellung des Pakets zur Luftreinhaltepolitik (Clean Air Policy Package) der EU-Kom. URL https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/370/dokumente/1_vorstellung_des_eu-luftpakets_appelhans.pdf - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [5] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 4.1: Viehbestand. URL https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehbestand2030410155314.pdf?__blob=publicationFile. Aktualisierungsdatum: 17.11.2015
- [6] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung. URL https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/ViehbestandtierischeErzeugung2030400147004.pdf?__blob=publicationFile – Aktualisierungsdatum: 18.11.2015.
- [7] Statistisches Bundesamt: Tiere und tierische Erzeugung. URL <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/BetriebeGefluegelBestand.html> – Aktualisierungsdatum: 18.11.2015.
- [8] Umweltbundesamt: Emissionen der Landwirtschaft. URL <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruch-staub> - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [9] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. URL <http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/Texte/AgrVeroeffentlichungen.html> - März 2015
- [10] Deutscher Bauernverband: Neufassung der NEC-Richtlinie, Erklärung des Präsidiums des Deutschen Bauernverbandes, Berlin, 10. März 2015. URL <http://media.repro-mayr.de/04/630604.pdf> - Aktualisierungsdatum: 16.11.2015.

- [11] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Statistik und Berichte. URL <http://www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139&stw=Selbstversorgungsgrad> – Aktualisierungsdatum: 20.11.2015.
- [12] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Statistik und Berichte. URL <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-4010200-0000.pdf> - Aktualisierungsdatum: 20.11.2015.
- [13] Bittman, S.; Dedina, M.; Howard, C.M.; Oenema, O.; Sutton, M.A. (eds). 2014: Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrobiology, Edinburgh, UK.
- [14] Umweltbundesamt (Hrsg.): UBA-Texte 79/2011: UN ECE-Luftreinhaltekonzvention – Task Force on Reactive Nitrogen. Dessau-Roßlau, November 2011.
- [15] Bonkoss, K.; Naser, S.: Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls für Milchvieh. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 300 – 305.
- [16] Schmitthausen, A.; Trimborn, M.; Büscher, W.: Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der anschließenden Flüssigmistlagerung. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 306 – 311.
- [17] Fang, LIU; Fiencke, C.; Wienke, C.; Cuhls, C.; Nguyen Thanh Phong; Radau, C.; Dong, R., Pfeifer, E.-M.: Bioscrubber for removal of NH₃, CH₄, N₂O, CO₂ emissions from intensive livestock house exhaust air. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 306 – 311.
- [18] Pöhlmann, K.; Naser, S.: Untersuchungen zum Stand der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung in Bayern. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 323 – 328.
- [19] DLG-Prüfrahmen: Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen. URL http://2015.dlg.org/fileadmin/downloads/tests/Abluftreinigung_Tierhaltung.pdf - Aktualisierungsdatum: 01.12.2015.
- [20] DLG: Prüfberichte von Abluftreinigungsanlagen. URL <http://www.dlg.org/?id=1351#Abluft> – Aktualisierungsberichte: 01.12.2015.
- [21] Abschlussbericht im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung (BioAluRein). URL http://download.ble.de/07UM003/07UM003_BioAbluftRein_AB.pdf – Aktualisierungsdatum: 01.12.2015.
- [22] Hahne, J.; Günster, H.: Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 438 – 443.
- [23] Hahne, J.: Projektbericht Analyse der Funktionserfüllung von Abluftreinigungsanlagen aufgrund von Messergebnissen und Ableitung von Handlungsempfehlungen für die praktische Überprüfung – Teil B: Ableitung von Handlungsempfehlungen für die

praktische Überprüfung. URL http://www.lkclp.de/bauen-umwelt/bauen-planen/abluftreinigungsanlagen-z.b.-biofilter.php#anchor_1 – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.

- [24] Krause K-H, Linke S (2009) How to describe animal welfare in stable design? In: Briesse A, Clauß M, Hartung J, Springorum A C (eds) Proceedings of the 14th ISAH Congress 2009 : 19th to 23rd July ; Vechta, Germany ; Vol. 1. Brno: Tribun EU, pp 529-532.
- [25] Entwurf für das "Best available techniques Reference document" (BREFs) in Bezug auf "Intensive Rearing of Poultry and Pigs" (IRPP), des "Joint Research Centre" der EU. URL http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP_Final_Draft_082015_bw.pdf - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [26] DIN 18910-1:2004-11, Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe.
- [27] Abschlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zum Projekt: Verfahren zur Be- und Entlüftung eines Maststalles mit Frischluftzufuhr über Deckenkanäle. URL http://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/alternative_raumlufftechnische_konzepte_endfassung_juli_2015.pdf – Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 16.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hahne, Jochen; Linke, Stefan; Vorlop, Klaus-Dieter: Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung: Umfang und Minderungsoptionen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055131>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/264.html>

Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serien-Mähdreschern 1990

Hermann Auernhammer, Lehrstuhl f. Agrarsystemtechnik, Technische Universität München
Markus Demmel, Inst. f. Landtechnik u. Tierhalt., Bayerische Landesanstalt f. Landwirtschaft
Thomas Muhr, geokonzept GmbH, Gut Wittenfeld
Josef Rottmeier, Ingenieurbüro Rottmeier, Erding
Paul von Perger, Bayerisches Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten

Kurzfassung

Nach ersten Untersuchungen zur lokalen Ertragsermittlung in Mähdreschern konnten 1990 erstmals GPS-gestützte Ertragsmessungen mit zwei Serienmähdreschern unter Praxisbedingungen durchgeführt werden. Nach Entwicklung und Integration der Messtechnik wurden damit lokale Ertragsermittlungen auf zwei Standorten in Bayern und auf einem Feld in Österreich durchgeführt. Trotz unzureichender Abdeckung der Satellitenkonfiguration und zeitaufwendigem Datentransfer verlief die gesamte Ertragsmessung problemlos und störungsfrei. Dargestellt wird der gesamte Ablauf der Messkampagne mit den erstellten Ertragskarten.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Ertragsermittlung, Sensortechnik, GPS, Ertragskartierung

Local Yield Measurement with GPS in Serial Combine Harvesters 1990

Hermann Auernhammer, Chair of Agricultural Systems Technology, TUM, Freising
Markus Demmel, Institut for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL), Freising
Thomas Muhr, geokonzept, Gut Wittenfeld, Adelschlag
Josef Rottmeier, Ingenieurbüro Rottmeier, Erding
Paul von Perger, Bavarian State Ministry for Food, Agriculture, and Forestry, Munich

Abstract

Following first investigations of local yield determination in combine harvesters in 1990 very first GPS-based series of measurements with two serial combine harvesters were realized on farm level. After developing and integrating the data acquisition equipment local yield measurement was executed at two sites in Bavaria and another one in Austria. Although the coverage of the satellite configuration was poor and the data transfer from the mobile harvesting technology was time consuming the yield measurement was free of problems and interruptions. The whole process of the measurement campaign and first yield maps are presented.

Keywords

Combine harvester, Yield measurement, Yield sensor, GPS, Yield mapping

Einführung

Schon immer wurden in der Landbewirtschaftung die unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten in einem Feld bei der Saat und vor allem bei der Düngung berücksichtigt. Auf weniger ertragreichen Flächen in einem Feldstück wurde üblicherweise etwas mehr Saatgut ausgebracht um unabhängig von der kommenden Witterung einen Mindestertrag zu erreichen. In gleicher Weise wurde mit Stallmist versucht die weniger ertragreichen Stellen mit höheren Mengen zu versorgen und als Bodendünger die Bodenfruchtbarkeit längerfristig zu erhöhen. Diese Bewirtschaftungsweise änderte sich mit Einführung der Technik mit Gespannzug für Saat und Düngung. Nun erfolgte eine schlageinheitliche Versorgung, da eine lokale Ausbringungsmengenanpassung mit dieser Technik nicht vorgesehen war. Üblicherweise führte dies zu überhöhten Saatgutmengen gleichermaßen wie zu überhöhten Wirtschafts- oder Mineraldüngergaben, weil sich das Bewirtschaftungsziel hin zu einem „einheitlichen Ertrag“ gewandelt hatte.

Eine Änderung trat ein, als der Mähdröschler Eingang in die Betriebe fand und gleichzeitig die Düngung mit Anbaustreuern erfolgte, welche vom Fahrersitz problemlos an örtliche Gegebenheiten angepasst werden konnten. Und solange die gleiche Person den Mähdrusch wie auch die Düngung erledigte floss die Erfahrung in die lokale Anpassung bei der Düngung ein, während auch weiterhin eine einheitliche Saatmenge ausgebracht wurde. Nun konnte bei der (N-) Düngung die visuell beim Drusch erfasste Erntemenge und zugleich der aktuelle Wachstumsstand anhand seiner Bestandsdichte und seiner Grünfärbung für eine Ausbringungsmengenanpassung herangezogen werden, wenngleich auch dabei die einheitliche Ertragsmenge das Bewirtschaftungsziel darstellte.

Doch mit dem Übergang zum überbetrieblichen Mähdrusch fehlte dem „düngenden Landwirt“ ohne eigene Ernteerfahrung eine wichtige Steuergröße, weshalb in der Wissenschaft die Suche nach technischen Lösungen begann, während der Ernte den Ertrag zu erfassen [1; 2] und mit geeigneten Positionsdiensten die lokale Zuordnung vorzunehmen. Wenngleich dies in Versuchen über feldgebundene zusätzliche Infrastrukturen [3; 4] machbar erschien, so war doch zu erwarten, dass für eine breite Anwendung in der Praxis andere Ortungssysteme erforderlich wären. So richtete sich schon 1986 die Hoffnung auf das satellitengestützte Global Positioning System (GPS) in der Hoffnung, dass die für zivile Nutzungen erreichbare Genauigkeit von 10 – 15 m für die lokale Ertragsermittlung ausreichend sei, zumal schon frühzeitig ein „differentielles GPS mit Postprocessing“ zu relativ guten Genauigkeitsverbesserungen führte.

GPS im stationären Einsatz

Nach ersten Anfragen hinsichtlich der Beschaffung und Nutzung eines GPS-Empfängers wurden 1987 unerschwingliche Preise von 42.000 DM je Einheit genannt. Diese verringerten sich 1988 auf etwa 18.000 DM und erreichten schließlich im Frühjahr 1990 das vertretbare Maß von 9.000 DM. Damit war es aus finanzieller Sicht möglich geworden am Institut für Landtechnik in Weihenstephan einen GPS-Empfänger (SEL Globos LN 2000) zu beschaffen. Um dessen Genauigkeiten zu testen wurde er stationären Messungen unterzogen. Dazu

wurde der Empfänger einmal auf dem Lehrstuhlgebäude etwa 80 cm über Firsthöhe ohne Beeinträchtigung durch Nachbargebäude oder Bäume montiert. Später wurde er in gleicher Weise auf dem Wohnhaus des Landwirts Muhr auf Gut Wittenfeld angebracht. Mittlere Positionsermittlungen über längere Laufzeiten erbrachten relativ stabile Werte, wenngleich in Weißenstephan die ermittelten Positionen um etwa 5 m und in Wittenfeld um etwa 13 m von den umgerechneten Katasterwerten abwichen.

Forschungsverbund Agrarökosystem München (FAM)

Mitte des Jahres 1990 wurde der Antrag zum „Forschungsverbund Agrarsysteme München“ FAM mit Projektstart im Herbst 1990 durch die DFG positiv beschieden. Das Teilprojekt des Institutes für Landtechnik in der Inventurphase des FAM in den Jahren 1991 und 1992 beinhaltete die lokale Ertragsermittlung auf allen Ackerflächen (120 ha) des Klostersgutes Scheyern, welches für den FAM gepachtet wurde. Teilziele waren darin die Evaluierung der Systeme, die erzielbaren Genauigkeiten und die Erstellung von Ertragskarten [5].

Um sicher zu stellen, dass die anspruchsvolle Aufgabe der ganzflächigen, GPS-basierten, Ertragsermittlung von 120 ha Winterweizen im Jahr 1991 erfolgreich durchgeführt werden konnte, wurde beschlossen, im Jahr 1990 einen Vorversuch auf ausgewählten Flächen auf dem Klostersgut und in der näheren Umgebung durchzuführen. Durch die sehr späte Bewilligung des Forschungsverbundes war jedoch die Vorbereitungszeit sehr kurz geworden.

Erster Serienmähdrescher mit Ertragsmessung

Im Jahr 1990 waren nur zwei kontinuierlich arbeitende Durchsatz- und Ertragsmesssysteme für Mähdrescher auf dem Markt verfügbar. Das Yield-O-Meter der Firma Claydon arbeitete nach dem volumetrischen Messprinzip mit einem Zellenrad und wurde überwiegend auf Claas Mähdreschern der Baureihe Dominator nachgerüstet.

Die Firma Dronningborg in Randers (Dänemark) hatte zusammen mit der Neukonstruktion der Mähdrescherbaureihe 8000 in den 80er Jahren ein Massenstrommesssystem entwickelt, welches auf Basis der radiometrischen Flächengewichtsermittlung Durchsatz- und Ertrag ermitteln konnte und welches bereits vollständig in das damals wegweisende Bordelektroniksystem Daniavision (später Datavision) integriert war.

Vorbereitung erste lokale Ertragsermittlung mit GPS-Ortung

Während sich der Bewirtschafter des Klostersgutes schnell bereit erklärt hatte, eine Winterweizenfläche zur Beerntung bereitzustellen (die Wintergerste war zu dieser Zeit bereits geerntet), gestaltete sich die Suche nach entsprechend ausgerüsteten Mähdreschern als langwierig und schwierig. Erst Ende Juli konnte ein Case Händler in Landshut (40 km östlich von Freising) mit einem CASE INTERNATIONAL D 8900 DANIA Mähdrescher und Ertragsmesssystem gefunden werden, welcher dort als Vorführmaschine eingesetzt werden sollte. Nach Rücksprache mit Dronningborg war dieser Händler bereit, die Maschine im August für einen, maximal zwei bis drei Tage zur Verfügung zu stellen. Bei der vereinbarten Besichtigung der Maschine und Aufnahme der Ausstattung (Ende Juli) zeigte sich, dass im installierten Sys-

tem keine Möglichkeit bestand, die erfassten Daten des Ertragsmesssystems kontinuierlich auszugeben bzw. aufzuzeichnen.

Nach Rücksprache mit Dronningborg wurde klar, dass kurzfristig keine Lösung bereitgestellt werden konnte, mit welcher es möglich gewesen wäre im Sekundentakt die ermittelten Ertragsmesswerte intern aufzuzeichnen und wenn möglich zusammen mit den auch im Sekundentakt vom GPS Empfänger verfügbaren Positionsdaten abzuspeichern. Allerdings wollten die Elektronikentwickler von Dronningborg versuchen, bis Anfang August eine Lösung zu erarbeiten, mit welcher die Ertragsmesswerte zusammen mit der Uhrzeit jede Sekunde auf eine RS 485 Schnittstelle (Druckerschnittstelle des Daniavision Systems) ausgegeben werden konnten.

Somit war klar, dass die Positionsdaten des GPS Empfängers und die Ertragsdaten des Messsystems des Mähdreschers extern aufgezeichnet werden mussten. Ideal wäre dazu ein Programm gewesen, welches die beiden Datenströme (eventuell mit zusätzlichen Sensordaten) auf einem Rechner vereinen und abspeichern würde. Dies war jedoch wegen der Kürze der Zeit nicht realisierbar. Die „aus der Not geborene“ Lösung führte deshalb zum Einsatz von zwei PCs zur getrennten Aufzeichnung der beiden Datenströme.

Neben dem institutseigenen Laptop COMPAC SL 286 mit 20 MB Harddisk und RS 232 Schnittstelle wurde zusätzlich ein TELEFUNKEN Robust PC 386 mit 40 MB Harddisk und RS 232 und RS 485 Schnittstellen ausgeliehen (**Bild 1**). Für beide PCs wurden 12 V Adapter zum Anschluss an das Bordnetz des Mähdreschers beschafft. Unter dem Betriebssystem DOS wurde das Programm RS2File® (SHAMROCK GmbH) zur Datenaufzeichnung genutzt. Die Strings wurde in eine *.TXT Datei abgelegt und später bei der Weiterverarbeitung zu Ertragskarten über die Zeitstempel zusammengeführt.



Bild 1: COMPAQ SL 286 mit 20 MB Harddisc und RS 232 Schnittstelle (links) [6] und TELEFUNKEN Robust PC 386 mit 40 MB Harddisc, RS 232 und RS 485 Schnittstellen(rechts) [7]

Figure 1: COMPAQ SL 286 with 20 MB Harddisc and RS 232 interface (left) [6] and TELEFUNKEN Robust PC 386 with 40 MB Harddisc, RS 232 and RS 485 interface (right) [7]

Am 1. August trafen modifizierte Daniavision Master- und Ertragsmessmodule ein, welche die kontinuierlich ermittelten Ertragsdaten jede Sekunde auf die Druckerschnittstelle umleiten sollten und am 2. August am Mähdrescher getestet wurden. Sie funktionierten zu diesem Zeitpunkt noch nicht zufriedenstellend.

Nachdem bis zum 5. August 1990 auf dem Klostergut Scheyern die Getreideernte auf allen Feldern abgeschlossen war, wurde die Beerntung des für den Vorversuch vorgesehenen Flachfeldes für die zweite Hälfte der KW 32 angesetzt.

Am 9. August wurde der Mähdrescher D8900 DANIA nach Scheyern überführt und am gleichen Abend wurde die GPS Empfangsantenne mittels Stativrohr links neben der Kabine des Mähdreschers montiert sowie zusätzliche Stromversorgungen für den GPS Empfänger und die PCs installiert. Eine mittige Montage schied aus technischen Gründen aus. Für die Vorversuche im Jahr 1990 mit einfachem GPS und Ortungsfehlern von 5 – 10 m wurde die Ablage der Antennenposition von 1,5 m zur Mähdreschermitte akzeptiert, in den Hauptversuchen ab 1991 mit genauerem DGPS wurde die Antenne immer mittig positioniert.

Flachfeld Scheyern

Am 10. August trafen sich alle Beteiligten früh morgens am Klostergut Scheyern und installierten den GPS Empfänger und die beiden PCs zur Datenaufzeichnungen. Im Laufe des Vormittags kamen zwei Elektroniker von Dronningborg mit nochmals modifizierten Master- und Ertragsmessmodulen, die jetzt die Ertragsdaten auf die RS 485 Schnittstelle erfolgreich übertrugen.

Nachdem die Uhrzeit des Daniavision Systems manuell mit der Satellitenzeit des GPS Empfängers synchronisiert war wurde der weltweit erste Getreidedrusch mit durch GPS georeferenzierter Ertragsermittlung gegen 11 Uhr auf dem Schlag „Flachfeld“ gestartet (**Bild 2**).



Bild 2: Mähdrescher CASE INTERNATIONAL „D 8900 DANIA“ mit GPS-Antenne (links) [8] und installierter radiometrischer Ertragsmessung(rechts) [9]

Figure 2: CASE INTERNATIONAL „D 8900 DANIA“ combine harvester with GPS-Antenna (left) [8] and installed radiometric yield sensor (right) [9]

Exakte Wiegungen der Erntemengen konnten nicht vorgenommen werden, da die betriebs-eigene Fuhrwerkswaage während der Getreideernte ausgefallen war.

Weil ungewiss war, ob die Festplatten der beiden PCs den Vibrationen auf dem Mähdrescher standhalten konnten, besonders jene des COMPAQ SL 286, welcher nicht für den mobilen Einsatz ausgelegt war, wurden die aufgezeichneten Daten etwa alle zwei Stunden mit DOS-KERMIT [10] auf 3,5“ Disketten abgespeichert. Diese Rohdaten liegen heute noch vor

und waren überraschender Weise im Dezember 2015, also nach mehr als 25 Jahren, ausnahmslos lesbar. Das Abspeichern benötigte jeweils etwa eine halbe Stunde. Während dieser Zeit musste die Getreideernte unterbrochen werden. Nach etwa zweieinhalb Stunden musste die Ernte wegen zu hoher Kornfeuchte abgebrochen werden.

Am 11. und 12. August 1990 wurde der Drusch des Flachfeldes (17,1 ha Gesamtfläche) mit GPS basierter georeferenzierter Ertragsermittlung in sieben aufeinander folgenden Abschnitten fortgesetzt. Dabei wurden in insgesamt 15:15:44 Stunden Aufzeichnungszeit 46.606 Datensätze erfasst und abgespeichert.

Wie erwartet konnten aufgrund der geringen Anzahl verfügbarer Satelliten im Orbit nur unzureichende Ortungsdaten generiert werden. Dies erklärt die „weißen Teilflächen“ ohne gültige Positionsinformationen bei der Rasterung von 5 m in den Ertragskarten weiter unten.

Gut Schlüterhof

Parallel zum ersten Vorversuch wurde bis Mitte August ein Datenaufzeichnungsprogramm entwickelt, welches nun die beiden Datenströme auf einem einzigen PC in Echtzeit einlesen und in einer Datei abspeichern konnte. Ein Test dieses Programmes erfolgte mit demselben Mähdrescher am 20. August als zweiter Vorversuch zur Ertragsermittlung auf einer Fläche direkt am Gut Schlüterhof in Freising. Aus den dabei gewonnenen lokalen Ertragsmessdaten wurde unmittelbar danach eine erste Ertragskarte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes EXCEL erstellt [11].

Einsatz des Claydon Yield-O-Meter

Im September 1990 wurden die Vorplanungen für das Teilprojekt "Ertragskartierung" 1991 und 1992 im Forschungsverbund Agrarökosysteme Scheyern weiter vorangetrieben. Dabei wurde klar, dass die erforderlichen Erntearbeiten aus Zeitgründen zwei Mähdrescher im parallelen Einsatz erfordern würden. Es wurde festgelegt, dass für den zweiten Mähdrescher das Volumenstrom-Ertragsmesssystem "CLAYDON Yield-O-Meter" Verwendung finden sollte. Die Firma CLAAS sicherte ebenso wie schon vorher DRONNINGBORG für die Jahre 1991 und 1992 ihre Unterstützung durch die Bereitstellung eines Mähdreschers zu. Ähnlich wie zuvor mit dem DRONNINGBORG System sollte jedoch auch mit dem CLAYDON Yield-O-Meter der Systemaufbau und die Datenaufzeichnung in einem Vorversuch getestet werden.

Gutsbetrieb Hardegg in Österreich

Auf Gut Hardegg in Österreich wurde schon 1989 ein Ertragsmessgerät vom Typ CLAYDON Yield-O-Meter in einem CLAAS-Mähdrescher der Baureihe Dominator ohne Ortungssystem zu Testzwecken eingesetzt. Die damit gewonnenen Ertragsdaten wurden später in einer Diplomarbeit zu einer Ertragskarte auf Erntefahrtbasis aufbereitet [12].

Da das CLAYDON Yield-O-Meter zum damaligen Zeitpunkt keinen seriellen Datenausgang zur kontinuierlichen Ausgabe der Ertragsdaten besaß, mussten bei diesem Vorversuch die Impulse des Zellenrades ebenso erfasst werden, wie die Arbeitsgeschwindigkeit des Mäh-

drescher (Frequenzmessung Radimpulse) und die Arbeitsstellung. Das seit Mitte August verfügbare Datenaufzeichnungsprogramm wurde dazu mit einem Modul zur Abfrage eines entsprechenden Datenloggers (SOLARTRON "Isolated Measurement Pods" IMP Serie 3595) ergänzt. Zur Ertragskartierung wurden die Rohmesswerte mit Hilfe der Kalibrierungsdaten und der Ermittlung des Gesamtertrages in Ertragswerte umgerechnet.

Die Ertragsermittlung erfolgte bei der Ernte von Körnermais am 2. Oktober 1990. Das Datenaufzeichnungssystem arbeitete nach aufwändiger Installation sicher und zuverlässig. Allerdings führten die üblichen herbstlichen Erntebedingungen mit höherer Luft- und Erntegutfeuchtigkeit im volumenbasierten Ertragssensor ständig zu Anlagerungen organischen Materials in den Kammern des Zellenrades. Trotz vielfacher „händischer Reinigung“ wurden dadurch die Messergebnisse derart verfälscht, dass generell ein zu hoher Ertrag aufgrund nicht konstanter, tendenziell zu kleiner Kammervolumen ermittelt wurde (**Bild 3**).



Bild 3: Anordnung des Claas Yield-O-Meter im Körnerelevator oben (links) [13] und Kammer des Zellenrades (rechts) [14]

Figure 3: CLAAS Yield-O-Meter placement at the top of the clean grain elevator (left) [13] and chamber of the cell-wheel (right) [14]

Die daraus abgeleiteten Ertragskarten sind demnach mit einem erheblichen Fehler belastet und geben insofern nur einen Eindruck im Hinblick auf die vorliegende Heterogenität des Ertrages.

Ertragskartierung

Die Ertragskartierung aus den Messdaten der Ertragserfassung erfolgte ab dem Jahr 1991 mit ArcInfo® von ESRI mit einer gezielten Ausrichtung auf die geplanten Forschungsarbeiten im DFG Forschungsverbund Agrarökosystem München FAM [15]. Dafür waren die Rastergrößen in 25 m und 50 m Quadrate definiert.

Um kleinräumiger zu analysieren wurde eine Rastergröße von 5 m (entspricht der Schneidwerksbreite) hinzugefügt. In Anlehnung an die typischen Arbeitsbreiten von Ausbringtechniken wurden später zusätzlich Kartierungen mit 12 und 24 m Rastergrößen erstellt. Demnach wurden auch für die Ertragsmessungen 1990 alle Ertragskartierungen in den drei Rasterklassen 5 m, 25 m und 50 m durchgeführt. Für die drei Ertragsmessstandorte werden nach-

folgend die Ertragskarten mit 5 m (links) und mit 50 m Rastergröße (rechts) in **Bild 4**, **Bild 5** und **Bild 6** dargestellt.

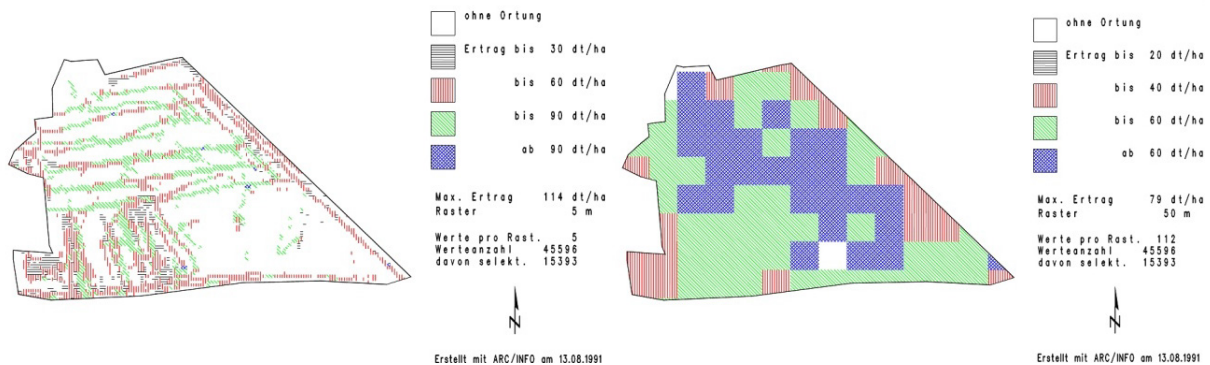


Bild 4: Ertragskarten Flachfeld Scheyern 1990, 17,7 ha, Winterweizen, Durchflussmesser „Daniavision“, 12. Aug. 1990, Rastergröße 5 m (links) [16] und 50 m (rechts) [17]

Figure 4: Yield maps Flachfeld Scheyern 1990, 17.7 ha, winter wheat, „Daniavision“ yield sensor, Aug 12, 1990, grid size 5 m (left) [16] and 50 m (right) [17]

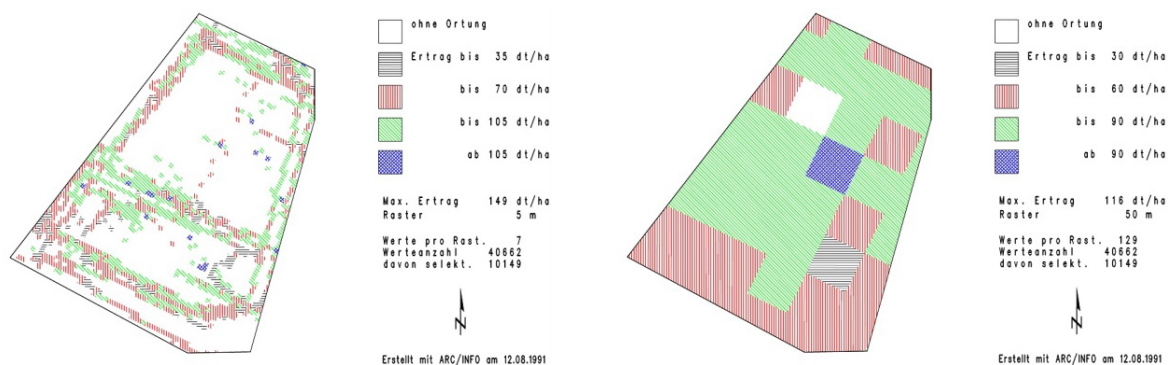


Bild 5: Ertragskarten „Schlüter“ 1990, 7,2 ha, Winterweizen, Durchflussmesser „Daniavision“, 20. Aug. 1990, Rastergröße 5 m (links) [18] und 50 m (rechts) [19]

Figure 5: Yield maps „Schlüter“ 1990, 7.2 ha, winter wheat, „Daniavision“ yield sensor, Aug 20, 1990, grid size 5 m (left) [18] and 50 m (right) [19]

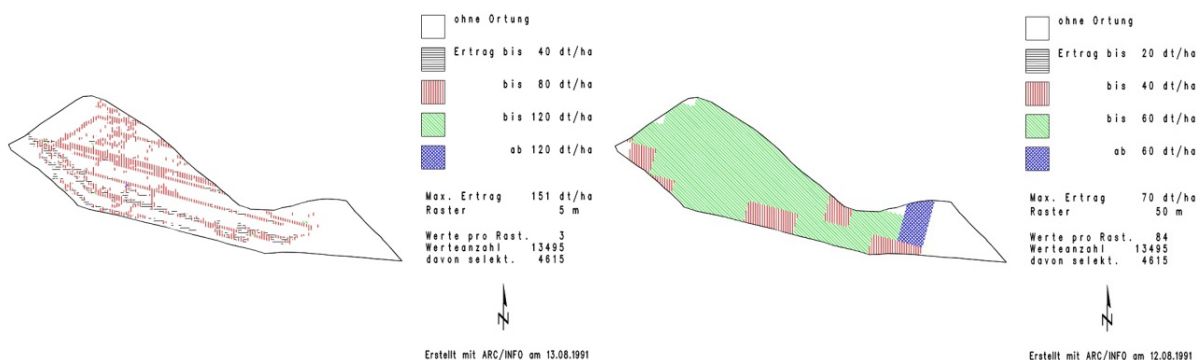


Bild 6: Ertragskarten Gut Hardegg „Försterwiese“ (Österreich) 1990, Körnermais 6-reihig, Durchflussmeter „Clayton Yield-O-Meter“, 2. Okt. 1990, Rastergröße 5 m (links) [20] und 50 m (rechts) [21]

Figure 6: Yield maps Gut Hardegg „Försterwiese“ (Austria) 1990, 6-row corn picker, „Clayton Yield-O-Meter“ yield sensor, Oct 2, 1990, grid size 5 m (left) [20] and 50 m (right) [21]

Alle Ertragskarten befinden sich einschließlich der zugehörigen Druckdateien in der Ag-TecCollection in mediaTUM®. Zudem wurden die Methode, die eingesetzte Technik und die Ergebnisse zeitnah publiziert [22; 23].

Zusammenfassung

Mit der messtechnischen Integration eines GPS-Empfängers in zwei Serienmähdrescher mit Ertragssensoren konnten zur Ernte 1990 erstmals lokale Ertragsermittlungen auf drei Standorten in Bayern und Österreich unter Praxisbedingungen durchgeführt werden. Wenngleich aufgrund einer noch nicht global abdeckenden Satellitenkonfiguration die Ortung lückenhaft und der Datentransfer zeitaufwendig war verlief die gesamte Ertragsmessung problemlos und störungsfrei.

Mit den erfassten Ertragsdaten konnten bei der Ertragskartierung den jeweiligen Betriebsleitern vertraute Ertragsmuster erstellt werden.

Die im Sommer 1990 durchgeführten lokalen Ertragsmessungen konnten somit als erfolgreicher Vorversuch für die sich anschließenden umfassenden Messungen im Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) gewertet werden. Sie bildeten die Grundlage für umfangreiche weitere Untersuchungen zur georeferenzierten Ertragsermittlung beim Mähdrusch, bei der Silagebergung und der Hackfruchternte in den Jahren 1991 bis 2002.

Literatur

- [1] de Baerdemaeker, J.; Delcroix, R. and Lindemans, P.: Monitoring the grain flow on combines. Proceedings of Agrimation I. Chicago. February 25-28, 1985, pp. 329-338.
- [2] Vansichen, R. and de Baerdemaeker, J.: A measurement technique for yield mapping of corn silage. Journal of Agricultural Engineering Research. 55 (1993). pp.1-10.
- [3] Searcy, S. W.; Schueller, J. K.; Bae, Y. H.; Borgelt, S. C. and Stout, B. A.: Mapping of Spatially Variable Yield During Grain Combining. TRANSACTIONS of the ASAE 32(2) 1993, pp. 826-829.
- [4] Schueller, J. K. and Bae, Y. H.: Spatially attributed automatic combine data acquisition. Computers and Electronics in Agriculture 2 (1987), pp.119-127.
- [5] Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Peisl, S. und Rottmeier, J.: Ertragskartierung – Ertragsinventur. In: FAM Bericht 1/1992. Hrsg. Hantschel, R. und Kainz, M.: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, S. 91-103, 1991.
- [6] Demmel, M.: COMPAQ SL 286 mit 20 MB Harddisc und RS 232 Schnittstelle zur Datenerfassung im Dronningborg Mähdrescher. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=707643> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [7] Demmel, M.: Telefunken Robust PC 386 mit 40 MB Harddisc, RS 232 und RS 485 Schnittstelle zur Datenerfassung im Mähdrescher. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698668> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [8] N.N.: Erntetechnik; Mähdrusch; Mähdrescher selbstfahrend. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=714329> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [9] Demmel, M.: Radiometrischer Ertragssensor. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698666> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [10] Cianone, C.; da Cruz, F. and Doupnik, J. R.: MS-DOS KERMIT USER GUIDE FOR THE IBM PC FAMILY, COMPATIBLES, AND OTHER MS-DOS SYSTEMS. New York: Columbia University 1988, Version 2.3.
- [11] Auernhammer, H. und Muhr, T.: GPS in a Basic Rule for Environment Protection in Agriculture. Automated Agriculture in the 21st Century, St. Joseph (USA) 1991, pp. 494-402.
- [12] Hardegg, M.: Seminar Präsentation. Technische Universität München: Institut für Landtechnik Freising-Weihenstephan 1990.
- [13] Demmel, M.: Ertragsmessung auf Gut Hardegg in Österreich mit Yield-O-Meter und GPS. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698677> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [14] N.N: CLAAS Yield-O-Meter Zellenrad. URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709284> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [15] Demmel, M.; Muhr, T.; Rottmeier, J.; Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge", Düsseldorf 1992, Heft 14, S. 107-122.

- [16] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Scheyern- Flachfeld (17.1 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 12. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698719> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [17] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Scheyern- Flachfeld (17.1 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 12. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709348> - Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [18] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte 'Schlüter' (7,2 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 20. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709354> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [19] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte 'Schlüter' (7,2 ha) (Winterweizen, Durchflussmeter 'Daniavision', 20. Aug. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=15318> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [20] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Hardegg - Foersterwiese (Kornermais 6-reihig, Durchflussmeter 'Claydon Yield-o-Meter', 2. Okt. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709357> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [21] Perger von, P. und Auernhammer, H.: Ertragskarte Hardegg - Foersterwiese (Kornermais 6-reihig, Durchflussmeter 'Claydon Yield-o-Meter', 2. Okt. 1990). URL <http://mediatum.ub.tum.de/?id=709360> – Aktualisierungsdatum: 29.01.2016.
- [22] Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Perger von, P.; Rottmeier, J. und Wild, K.: Ertragsinventur - Lokale Ertragsermittlung. In: Abschlußbericht Aufbauphase 1990 - 1992, FAM - Bericht 3, Hrsg.: Hantschel, R., Kainz, M., GSF, 1993, S. 113-130.
- [23] Muhr, T.; Auernhammer, H.: Technische Möglichkeiten zur Ortung landwirtschaftlicher Fahrzeuge. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge", Düsseldorf 1992, Heft 14, S. 49-56.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Auernhammer, H.; Demmel, M.; Muhr, T.; Rottmeier, J.; Perger von, P.: Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serienmähdreschern 1990. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055136>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/270.html>